


Digitized by Google

DAS

MIKROSKOP

UND

SEINE ANWENDUNG.

VORREDE.

Das Manuscript zu diesem ersten Theile war schon vor mehr als drei Jahren zum Drucke fertig und wurde dessen Erscheinen, ehe das Werk aus anderen Händen in die des jetzigen Herrn Verlegers übergegangen war, lediglich durch fremde Schuld und gegen meinen Willen verzögert.

So wird sich denn mein Buch, dem diese Verzögerung in Bezug auf seinen inneren Werth wohl mehr zum Vortheil als zum Nachtheil gereicht haben dürfte, — abgesehen von den, theilweise durch Uebersetzungen auch in unserem Vaterlande verbreiteten Erzeugnissen fremdländischer Literatur — neben mehreren, während der letzten Jahre erschienenen, von deutschen Forschern bearbeiteten Schriften ähnlichen Inhaltes Bahn zu brechen haben.

Diese letzteren verfolgen indessen entweder nur bestimmte Zwecke, wie das in vielen Beziehungen vortreffliche Werkchen von Nägeli und Schwendener: „Das Mikroskop, seine Theorie etc.“, erster Theil, welches streng mathematischer Begründung der Theorie des Mikroskopes und der mikroskopischen Wahrnehmung dienen will, oder es sind dieselben, wie „Das Mikroskop etc.“ von Frey, für die Praxis enger begrenzter Kreise (Mediciner) berechnet, und behandeln das Allgemeine in weniger genügendem Umfange.

Meine in diesem Bande vorliegende, durch eine mehr als funfzehnjährige Erfahrung auf dem Felde pflanzenhistiologischer und damit Hand in Hand gehender — freilich nur zu meiner eigenen Orientirung auf dem Gebiete der Zellenlehre unternommener — zoohistiologischer Beobachtung unterstützte Arbeit ist dagegen der

fremdländischen Literatur gegenüber für rein deutsche Verhältnisse und für den weitesten, allgemeinen Gebrauch des praktischen Mikroskopikers bestimmt. Sie soll namentlich dem Studirenden und dem ohne specielle Anleitung eines Lehrers sich heranbildenden Beobachter, dem naturwissenschaftlichen Lehrer an höheren Schulanstalten, dem praktischen Arzte und dem Pharmaceuten, für welche das Mikroskop täglich mehr und mehr an Bedeutung gewinnt, als sicherer Führer dienen, und ihnen, unter Ausschluss allen nicht zu verwerthenden Beiwerkes, eine allseitig möglichst umfassende, allgemein verständliche Anleitung zur Kenntniss und Prüfung des Mikroskopes, der Nebenapparate und Hilfsmittel, sowie der Untersuchungsmethoden im Allgemeinen gewähren. Und so darf ich denn wohl hoffen, dass dieselbe auch heute noch nicht ohne den von mir erstrebten Nutzen für die Förderung der Wissenschaft und ihrer Jünger sein und eine ihrem Zwecke entsprechende Verbreitung finden werde.

Das Ziel, das ich mir gesteckt, musste natürlich Form und Gehalt der einzelnen Abschnitte bestimmen, worüber der ausführliche Prospect das Nähere angibt. Ob ich dabei immer und überall das Richtige getroffen, wird das Urtheil des betreffenden Leserkreises zu entscheiden haben, dem ich das Buch mit dem Wunsche übergebe, dass es Jedem, welcher darnach greift, ein zuverlässiger Rathgeber und treuer Führer werden und namentlich auch dazu beitragen möge, den Jugendlehrer in die geheime Werkstätte der Natur einzuführen, damit dieselbe seinen Schülern für die Zukunft nicht mehr eine fast völlig verschlossene oder doch nur trübe fliessende Quelle geistiger Bildung bleibe!*)

Idar, im Juni 1866.

Leopold Dippel.

*) Die wenigen störenden Druckfehler bitte ich vor dem Gebrauche zu berichtigen.

Inhaltsverzeichniss des ersten Bandes.

Erster Abschnitt.

Das einfache Mikroskop.

Zweiter Abschnitt.

Das zusammengesetzte Mikroskop.

Dritter Abschnitt.

Das optische Vermögen des Mikroskopes und dessen Prüfung.

Vierter Abschnitt.

Zur Kenntniss der neueren Mikroskope.

Fünfter Abschnitt.

Mikroskope zu besonderen Zwecken.

Sechster Abschnitt.

Nebenapparate und Hilfsmittel zur mikroskopischen Beobachtung.

Siebenter Abschnitt.

Gebrauch des Mikroskopes.

Achter Abschnitt.

Die mikroskopische Messung.

Neunter Abschnitt.

Die Anwendung des polarisirten Lichtes bei der mikroskopischen Beobachtung.

Zehnter Abschnitt.

Zeichnung und Aufbewahrung mikroskopischer Präparate.

ERSTER ABSCHNITT.

DAS EINFACHE MIKROSKOP.

I. Optische Grundsätze.

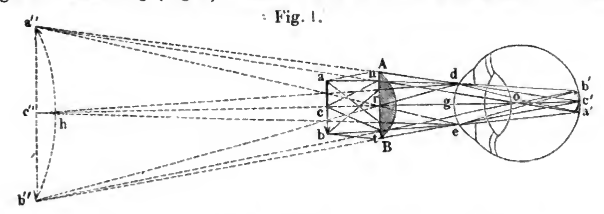
Aus den Lehren der Physik ist bekannt, dass die scheinbare Grösse eines Gegenstandes von der Grösse des Gesichtswinkels abhängig ist, unter welchem derselbe gesehen wird, und dass wir, wenn dieser Winkel unter eine gewisse Grösse (welche annähernd eine halbe Bogenminute beträgt) hinabsinkt, keinen deutlichen oder auch gar keinen Gesichtseindruck mehr von dem betreffenden Gegenstande erhalten. Recht kleine Gegenstände bringen wir daher näher an das Auge, als wir dies gewöhnlich zu thun pflegen, um eben dadurch eine Vergrösserung des Gesichtswinkels herbeizuführen. Einer solchen Annäherung des Gegenstandes und der damit verbundenen Vergrösserung des Gesichtswinkels ist aber eine gewisse Grenze gesteckt, welche in der beschränkten Accommodationsfähigkeit des Auges ihren Grund hat. Diese Grenze, welche der Nahepunkt genannt wird, ist zwar für verschiedene Augen eine verschiedene, liegt beim Auge des Kurzsichtigen z. B. weit näher, bei dem des Fernsichtigen weit ferner als beim gesunden Auge. Sobald sie jedoch überschritten wird, kann von irgend einem Gegenstande kein deutliches und scharfes Bild mehr entstehen, weil die Vereinigungspunkte der von ihm ausgesendeten stark divergirenden Lichtstrahlen hinter die Oberfläche der Netzhaut zu liegen kommen. Es entstehen in Folge dessen nur Diffusionsbildchen, und die Sichtbarkeit der kleinen Objecte hat ihr Ende erreicht.

Hieraus geht hervor, dass die Annäherung über den Nahepunkt hinaus nur dann statthaft wird, wenn man ein Mittel anwendet, wodurch die Richtung der von dem Gegenstande aus stark divergirenden Strahlen derart geändert wird, dass sie in nahezu paralleler oder doch nur wenig divergirender Richtung in das Auge gelangen. Als ein solches Mittel

kann nun aber jede Sammellinse dienen, innerhalb deren Brennweite sich der betreffende Gegenstand befindet. Die Sammellinse bildet daher die Grundlage des einfachen Mikroskopes, und es lassen sich die Grundsätze für dessen optischen Bau ganz und gar auf die Wirkungsweise jener zurückführen.

Um die Wirkung, welche eine vor das Auge gebrachte Sammellinse bei der Betrachtung kleiner Gegenstände ausübt, zu erläutern, möge folgende Darstellung (Fig. 1) dienen. Stellt AB eine Sammellinse, ab einen

Fig. 1.



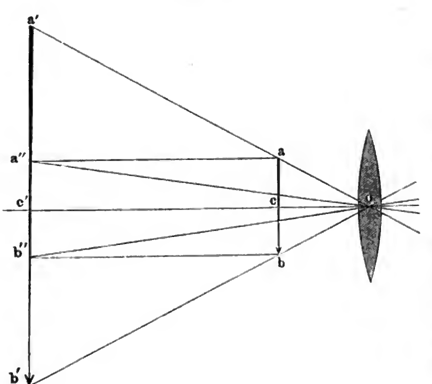
Gegenstand vor, welcher sich innerhalb der Brennweite befindet, so gehen die von den Punkten a und b ausfahrenden, durch den Mittelpunkt der Linse tretenden Strahlen ungebrochen durch dieselbe hindurch. Alle auf die übrigen Punkte der Linsenoberfläche treffenden und aus derselben austretenden Lichtstrahlen dagegen divergiren so, als ob sie von den Punkten a'' und b'' des Scheinbildes ausgegangen wären. Der vor der Linse befindliche Gegenstand wird nur vollkommen deutlich und scharf gesehen, sobald sich das Bild $a'' b''$ in einer der deutlichen Sehweite entsprechenden Entfernung von dem Auge befindet und demgemäss die mittelst der Linse gebrochenen Strahlen sich auf der Netzhaut des Auges zu dem verkehrten Bildchen $a' b'$ vereinigen. Im Wesentlichen liegt also die sichtbarmachende Kraft der Sammellinse darin, dass sie es gestattet, den zu betrachtenden Gegenstand dem Auge sehr nahe zu bringen, ohne dass die Schärfe des von ihm entstehenden Netzhautbildchens leidet. Wie durch die Linse die Vergrösserung des Gesichtswinkels hervorgebracht wird, geht gleichsam aus Betrachtung der Figur hervor, wenn man von den Endpunkten des Gegenstandes und des Bildes aus Strahlen nach dem Kreuzungspunkte o im Auge zieht und die Grösse der dadurch gebildeten Winkel aob und $a''ob''$ vergleicht.

Die scheinbare Vergrösserung, welche durch eine einfache Sammellinse von einem Gegenstande bewirkt wird, hängt sonach hauptsächlich von dem Grade ab, bis zu welchem derselbe, während man noch ein deutliches Bild von ihm erhält, dem Auge genähert und der Gesichtswinkel vergrössert werden kann. Sie wird daher eine je nach der Beschaffenheit des Auges verschiedene, für den Kurzsichtigen mindere, für den Weitsichtigen stärkere, niemals eine absolute sein.

Um dieselbe — was unter Umständen wünschenswerth sein kann —

zu bestimmen, muss die Grösse des Gesichtswinkels, unter welchem das in der Entfernung des deutlichen Sehens liegende Bild dem Auge erscheint, mit der Grösse desjenigen verglichen werden, unter welchem der ebenso weit vom Auge entfernte Gegenstand gesehen werden würde. Jener Winkel lässt sich jedoch nur dann genau ermitteln, wenn die Entfernung des optischen Mittelpunktes der Linse vom Kreuzungspunkte des Auges genau bekannt ist. Hält man aber das Auge dicht hinter die Linse und kann man ausserdem die Dicke der Linse als unbedeutend vernachlässigen, so lässt sich, ohne einen merklichen Fehler zu veranlassen, der Kreuzungspunkt des Auges als mit dem optischen Mittelpunkte zusammenfallend ansehen, und es ist unter dieser Voraussetzung die Vergrösserung leicht zu berechnen. Es erscheint nämlich nun (Fig. 2) das Bild $a'b'$ von o aus gesehen unter dem Winkel $a'ob'$, während der Gegenstand ab bei gleicher Entfernung unter dem Winkel $a''ob''$ wahrgenommen würde. Demnach ist, wenn wir mit v die Vergrösserung bezeichnen, $v = \frac{\sphericalangle\, a'ob'}{\sphericalangle\, a''ob''}$. Zur Berechnung dieses Quotienten dient die trigonometrische Tangente, welche sich aus den Dreiecken $a'oc'$ und $a''oc'$ ergiebt. Es ist nämlich $tg\,\frac{a'oc'}{2} = \frac{a'c'}{oc'}$, $tg\,\frac{a''oc'}{2} = \frac{a''c'}{oc'}$, und hieraus durch Division:

Fig. 2.



$$v = \frac{a'c'}{a''c'},$$

oder, da $a''c' = ac$ ist,

$$v = \frac{a'c'}{ac}, \text{ und}$$

da aus geometrischen Gründen $\frac{a'c'}{ac} = \frac{oc'}{oc}$

$$v = \frac{oc'}{oc} = \frac{d}{e},$$

wenn mit d die Entfernung des deutlichen Sehens, mit e die Entfernung des Gegenstandes von o bezeichnet wird.

Nach der Lehre der Optik besteht aber zwischen der Entfernung des Bildes, hier zusammenfallend mit der deutlichen Sehweite d, der Entfernung des Gegenstandes e und der Brennweite f der Linse folgende Gleichung:

$$\frac{1}{e} - \frac{1}{d} = \frac{1}{f},$$

woraus

$$e = \frac{df}{d + f}$$

wird. Setzt man diesen Werth für e in den obigen Quotienten ein, so erhält man:

$$v = \frac{d + f}{f}.$$

Es wird sonach die Vergrösserung einer einfachen Sammellinse gefunden, wenn man die Summen aus der natürlichen Sehweite und der Brennweite der Linse durch die letztere dividirt. Ist z. B.

$$d = 250^{mm}$$
$$f = 20^{mm}$$

so wird

$$v = \frac{270}{20} = 13{,}5 \text{ mal.}$$

Hieraus ist leicht ersichtlich, dass, weil d eine constante Zahl ist und der Summand f nur wenig Einfluss äussert, die Vergrösserung wächst, je kleiner der Nenner des Quotienten, d. h. je kleiner die Brennweite der Linse wird.

Die Ermittelung der Brennweite ist dieser Folgerung gemäss für eine einigermaassen genaue Berechnung der Vergrösserung des einfachen Mikroskops nicht ohne erhebliche Wichtigkeit, und wir müssen derselben unsere Aufmerksamkeit hier um so mehr zuwenden, als die letztere, wenn auch nur für einzelne Fälle, so doch immerhin erforderlich werden kann. Nun lässt sich die Brennweite zwar jedesmal berechnen, wenn man den Brechungsindex des Mittels, aus welchem die Linse besteht, sowie den Krümmungshalbmesser ihrer Oberfläche kennt. Da es indessen nicht immer möglich ist, bei kleinen Linsen, wie sie zu dem Mikroskope verwendet werden, den letzteren so genau zu ermitteln, dass er der Berechnung zu Grunde gelegt werden kann, so muss man seine Zuflucht zu mehr praktischen Verfahrungsweisen nehmen.

Bei Linsen von ziemlich grosser, nicht unter 10 bis 15^{mm} herabgehender Focaldistanz erreicht man seinen Zweck mit der genügenden Genauigkeit durch folgende einfache Verfahrungsweisen:

1. Man lässt das Bild der Sonne, deren Strahlen man unbedenklich als parallel ansehen kann, durch die Linse auf einen Schirm fallen und misst die Entfernung, bei welcher dieses Bildchen am schärfsten und kleinsten erscheint. Addirt man zu dieser Entfernung noch jene von der Linsenoberfläche bis zu dem optischen Mittelpunkte, so giebt die erhaltene Summe die Grösse der Brennweite an.

2. Man bringt die Linse zwischen eine Kerzenflamme und einen Schirm und bewegt die erstere so lange vor- und rückwärts, bis das Bild der Flamme die grösste Schärfe und Deutlichkeit zeigt. Hierauf misst man die Entfernung der Linse von dem Bilde sowie von der Flamme, multiplicirt die erhaltenen Zahlenwerthe mit einander und dividirt das

Product durch deren Summen. Der Quotient giebt dann die Grösse der Brennweite an. Setzt man demnach die Entfernung der Linse von der Flamme $= E$, von dem Bilde $= e$, so ist die Brennweite:

$$f = \frac{E \times e}{E + e}.$$

Hat man Linsen von kürzerer Brennweite, so reichen diese Methoden zur Bestimmung der Brennweite nicht mehr aus, weil bei der geringen Entfernung der Fläche, auf welcher das Bild entworfen wird, von der Linse diese nicht mehr mit der nöthigen Genauigkeit gemessen werden kann. In diesem Falle muss man zu anderen die erforderliche Genauigkeit sichernden Methoden greifen. Einige derselben, welche von einzelnen Mikrographen (Harting und H. v. Mohl) empfohlen wurden, sind für die allermeisten praktischen Mikroskopiker rein unausführbar, weil ihnen die dazu nothwendigen Apparate in der Regel nicht zur Hand sind. Ich kann dieselben daher hier füglich ganz übergehen. Dagegen will ich eine leichte und ohne schwer zugängliche, fremde Apparate auszuführende Methode zur genauen Bestimmung der Brennweite auch solcher Linsen von sehr kurzer Focaldistanz mittheilen, die von Harting in seinem Mikroskop (S. 100) empfohlen ist; dieselbe beruht darauf, dass man mittelst der Linse, deren Brennweite bestimmt werden soll, das Bild eines Mikrometers auf einem Schirme auffängt, welcher sich in einer bekannten Entfernung von ihr befindet. Die betreffende Linse verwendet man dabei, unter Anwendung einer intensiven, am besten Sonnenbeleuchtung, als Objectiv eines zusammengesetzten Mikroskops, dessen Ocular man aus der Röhre genommen und durch ein mattes Glas ersetzt hat. Ist auf diesem letzteren nach gehöriger Einstellung ein scharfes Bild des als Object dienenden Mikrometers erzeugt worden, so misst man die Grösse einer oder mehrerer Scalentheile und findet daraus die Vergrösserung, welche die Linse bei der bekannten Entfernung gewährt. Um nun aus diesem Ergebniss die Brennweite zu berechnen, muss man noch die Entfernung des Mikrometers von der Linse kennen, welche gefunden wird, wenn man die bekannte Grösse eines Scalentheiles mit der Entfernung des Bildes von der Linse multiplicirt und das Product durch die Bildgrösse eines gleichen Scalentheiles dividirt. Die wahre Brennweite ergiebt sich dann, wenn die Entfernung des Bildes von der Linse mit der gefundenen Entfernung des Mikrometers von der Linse multiplicirt und das Product durch die Summe beider dividirt wird.

Sei z. B. ein in $^1/_{10}$ mm getheiltes Ocularmikrometer als Object benutzt und das bei 180 mm Rohrlänge erhaltene Bild von 10 Scalentheilen zu 10 mm gemessen, so ist die Entfernung des Mikrometers von der Linse $= \frac{180 \times 1}{10} = 18^{mm}$, und daraus die Brennweite $= \frac{180 \times 18}{180 + 18} = 16{,}36^{mm}$.

Für stark vergrössernde Linsen bedarf es indessen der letzteren Rechnung kaum mehr, weil dabei der Unterschied zwischen der Brennweite und

dem Abstande von dem Objecte so unbedeutend ist, dass er ohne merklichen Fehler ganz vernachlässigt werden kann.

Hat man nach dieser letzten Methode einmal die Brennweite nur einer einzigen Linse genau ermittelt, so können diejenigen anderer Linsen leicht durch vergleichende Bestimmungen auf folgende Weise gefunden werden. Man verwendet zunächst jene Linse, deren Brennweite man schon kennt, als Objectiv eines zusammengesetzten Mikroskops (wozu man sich die betreffende Einrichtung leicht anfertigen oder anfertigen lassen kann), in dessen Ocular man ein Mikrometer eingelegt hat, betrachtet damit ein als Object benutztes fein getheiltes Mikrometer und zählt ab, wie viel Einheiten des Ocularmikrometers einen bestimmten Theil des Objectmikrometers decken. Man gebraucht hierauf die andere Linse, deren Brennweite gefunden werden soll, an demselben Mikroskope (wobei möglichst genau immer dieselbe Entfernung zwischen dem Ocular und dem optischen Mittelpunkt der Linse eingehalten werden muss) und zählt nun die Einheiten des Ocularmikrometers ab, welche einen dem vorigen gleichen Theil des Objectmikrometers decken. Aus diesen Daten lässt sich das Verhältniss der Vergrösserungen beider Linsen, und da die vergrössernde Kraft mit der Brennweite in umgekehrtem Verhältnisse steht, auch diese durch Rechnung finden. Hätte man z. B. die Brennweite der ersten Linse — wie oben — zu $16{,}36^{mm}$ gefunden und hätten bei ihr 5 Theile des Ocularmikrometers 8 Theile des Hunderttheile des Millimeters angebenden Objectmikrometers gedeckt, während bei der zweiten Linse zur Deckung der gleichen Anzahl Intervalle des letzteren Mikrometers 13 Theile des ersteren erforderlich gewesen wären, so würde sich die vergrössernde Kraft beider Linsen wie 1 : 2,6 verhalten und die Brennweite der zweiten sich aus der Proportion $1 : 2{,}6 = x : 16{,}36$ nahezu als $= 6{,}3^{mm}$ ergeben.

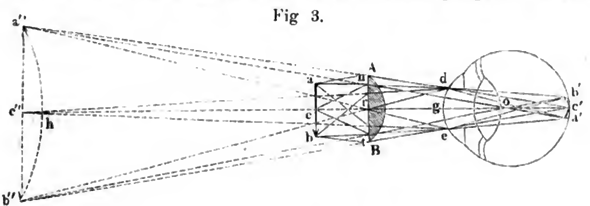
Für die meisten praktischen Zwecke braucht man indessen keineswegs diese etwas umständlichen Verfahrungsweisen zur Bestimmung der Vergrösserung der Linsen eines einfachen Mikroskopes einzuschlagen, da eben dieses Instrument heut zu Tage kaum mehr für mikroskopische Messungen und dergleichen verwendet werden möchte, wofür allerdings eine genaue Kenntniss jenes Factors des optischen Vermögens erforderlich sein würde. Es genügt in der Regel, wenn man die Vergrösserung mittelst Doppeltsehens oder mit Zuhülfenahme irgend einer Zeichenvorrichtung nach einer derjenigen Methoden bestimmt, auf welche wir im dritten Abschnitte zurückkommen werden.

Ausser der Vergrösserung kommen bei den als einfaches Mikroskop benutzten Linsen noch folgende optische Factoren in Betracht: Ebenung und Grösse des Gesichtsfeldes, eine möglichst gleichmässige Vergrösserung des Gegenstandes auch in seinen Randtheilen, dann der Grad der Helligkeit und endlich die Deutlichkeit des Bildes.

Was nun die beiden ersteren Punkte anbelangt, so ist eine vollstän-

dige Ebenung des Gesichtsfeldes sowie eine gleichmässige Vergrösserung bei dem einfachen Mikroskope niemals zu erreichen. Da nämlich der Brennpunkt einer Sammellinse deren Oberfläche um so näher rückt, je weiter der betreffende leuchtende Punkt — von dem optischen Mittelpunkte aus gerechnet — von ihrer Achse entfernt ist, so sieht man leicht ein, dass die von den ausserhalb der optischen Achse gelegenen Punkten

Fig 3.



des Gegenstandes ausgehenden Strahlen (Fig. 3) sich weiter entfernt von der Linsenoberfläche schneiden müssen, als diejenigen, welche von dessen Mitte ausgehen, dass somit das scheinbare Bild in einer gekrümmten Fläche liegt, deren convexe Seite $a''hb''$ der Linse zugewendet ist, und dass seine Randtheile am stärksten vergrössert werden. Zur Verminderung dieser Eigenschaft der Linse dienen vorzugsweise diejenigen Mittel, durch welche man auch die Verbesserung der beiden Abweichungen erreicht.

Die Grösse des Gesichtsfeldes ist von zwei Umständen abhängig, erstlich von der Entfernung der Linse vom Auge und dann von deren Oeffnung. In erster Beziehung gilt im Allgemeinen als Regel, dass das Gesichtsfeld einer Linse um so ausgedehnter wird, d. h. dass man einen um so grösseren Theil eines Gegenstandes mittelst derselben zu übersehen vermag, je näher dieselbe dem Auge gebracht ist. Es wird daher auf diesen Umstand bei der später zu besprechenden Fassung der Linsen Rücksicht zu nehmen sein. Die Oeffnung einer Linse kann, wenn man deren Brennweite einmal bestimmt hat und entweder der Durchmesser der Linse oder jener von deren unbedecktem Theile gemessen werden kann, leicht durch Rechnung gefunden werden, indem der halbe Oeffnungswinkel in einem rechtwinkligen Dreiecke erscheint, das den halben Durchmesser und die Brennweite als Katheten enthält (Fig. 4, a. f. S.). Wäre der Oeffnungswinkel $= 0$, die Brennweite $= f$, der Durchmesser der Linse $= d$, so ist

$$tg\tfrac{1}{2}0 = \tfrac{1}{2}d : f = \frac{d}{2f}.$$

Ist der Durchmesser der Linse indessen so klein, dass er nicht mehr mit genügender Schärfe bestimmt werden kann, so lässt sich derselbe leicht auf folgende Weise ermitteln. Man lässt durch eine kleine Oeffnung in dem Laden eines verdunkelten Raumes die Strahlen der Sonne auf die Linse fallen und fängt das Diffusionsbildchen der Sonne auf einem in einiger Entfernung hinter der Linse aufgestellten Schirm auf. Misst man dann

den Durchmesser $cd = D$ des Lichtkreises und die Entfernung $og = E$ des Schirmes von der Linse, so findet, wie aus der Fig. 4 ersichtlich ist, zwischen den drei nun bekannten Grössen und dem Durchmesser der Linse folgende Proportion statt:

Fig. 4.

$$D : d = E - f : f,$$

und daraus wird:

$$d = \frac{D \,.\, f}{E - f}.$$

Hätte man z. B. gefunden: $E = 30^{mm}$, $D = 15^{mm}$, $f = 5^{mm}$, so wäre

$$d = \frac{15 \,.\, 5}{25} = 3^{mm},$$

und daraus würde sich berechnen:

$$tg \frac{1}{2} 0 = \frac{3}{10}, \text{ somit } 0 = 33^0\, 22' \text{ (circa).}$$

Die Oeffnung, welche man der einfachen Linse geben darf, unterliegt immer gewissen Beschränkungen, da dieselbe bei starken Vergrösserungen ohnehin nicht sehr bedeutend sein kann und ausserdem noch durch das Diaphragma verkleinert wird. Die Ausdehnung des Gesichtsfeldes wird also in dieser letzteren Beziehung immer in gewisse Grenzen eingeschlossen bleiben müssen.

Die Helligkeit des Bildes hängt, abgesehen von der Beleuchtung, des Objects, zunächst von dem Durchmesser der gebrauchten Linse ab indem man (bei den kleinen hier in Betracht kommenden Linsen), ohne einen merkbaren Fehler zu begehen, annehmen darf, dass der Durchmesser des Lichtkegels, welcher durch die Linse von jedem Punkte des Objects ins Auge gelangt, gleich dem Durchmesser der Linse sei. Da nun die Schnittflächen der Lichtkegel sowie der Linsen Kreise bilden, so verhalten sich diese und damit die in das Auge gelangenden Lichtmengen wie die Quadrate der Linsendurchmesser. Um aber einen Maassstab für die wirkliche Erhellung des Objects bei der Betrachtung durch eine Linse zu haben, muss man die Erhellung desselben Gegenstandes beim Sehen mit blossem Auge damit vergleichen. Diese gleich 1 und jene gleich h, den Linsendurchmesser $= D$, den Durchmesser der Pupille $= \delta$ gesetzt, giebt, da beim Sehen mit blossem Auge die Erhellung im quadratischen Verhältnisse mit dem Pupillendurchmesser zu- oder abnimmt, die Proportion $h : 1 = D^2 : \delta^2$, woraus

$$h = \frac{D^2}{\delta^2},$$

vorausgesetzt dass in beiden Fällen das auf der Netzhaut entstehende Bild gleich gross sei. Ist aber die Vergrösserung der Linse $= v$, so

nimmt das Bild eine v^2 mal grössere Fläche ein und es wird die Helligkeit für die Flächeneinheit $= \frac{1}{v^2}$, daraus aber $h = \frac{D^2}{v^2 \cdot \delta^2}$. Nun wurde oben $v = \frac{d+f}{f}$ gefunden, wofür wir, ohne das Resultat merklich zu beeinflussen, $\frac{d}{f}$ setzen dürfen. Es ergiebt sich sonach

$$h = \frac{D^2}{\frac{d^2}{f^2} \cdot \delta^2} = \frac{D^2 \cdot f^2}{d^2 \cdot \delta^2},$$

und dieser Werth sagt uns zugleich, dass die Helligkeit beim einfachen Mikroskope mit der Verkürzung der Brennweite oder, was gleich ist, mit Zunahme der Vergrösserung abnimmt. Da nun bei den stärkeren Linsen die Vergrösserung der Linsenöffnung wegen der dabei eintretenden sphärischen sowohl als chromatischen Abweichung in gewisse Grenzen eingeschlossen ist, so folgt daraus, dass bei dem einfachen Mikroskope für eine passende und hinreichende Beleuchtung der Objecte gesorgt werden muss, worauf wir in dem Nachfolgenden zurückzukommen haben werden.

Die Deutlichkeit des Bildes ist dadurch bedingt, dass die von jedem Punkte des Gegenstandes ausgehenden Lichtstrahlen wiederum genau in einem einzigen Punkte des ersteren vereinigt werden. Diese Bedingung wird aber durch die bekannten Abweichungsfehler, welche in der Zerstreuung der verschiedenfarbigen Strahlen, sowie in der durch die Kugelgestalt der Linse bewirkten Ablenkung in der Richtung ihren Grund haben und als chromatische und sphärische Abweichung bekannt sind, nicht ganz erfüllt. Es besitzt das Linsenbild daher eigentlich niemals die volle Deutlichkeit, welche beim Sehen mit blossem Auge erreicht wird. Man kann jedoch dieser Deutlichkeit mehr oder minder nahe kommen, wenn man die geeigneten Mittel anwendet, um beide Abweichungen in möglichst hohem Grade zu verbessern. Die chromatische Abweichung lässt sich bei einfachen Linsen nicht ganz aufheben und man kann dieselbe nur dadurch vermindern, dass man den Randtheil, am welchem die Farbenzerstreuung am stärksten hervortritt, durch Bedeckung mittelst einer Blendung abschneidet. Es kommt diese Abweichung indessen bei dem einfachen Mikroskope auch wenig in Betracht, da sie hier das Bild lange nicht so stark beeinträchtigt, als wenn solche Linsen als Objectivsysteme eines zusammengesetzten Mikroskops benutzt werden. Weit wichtiger dagegen ist die Verbesserung der sphärischen Abweichung, weil diese die Deutlichkeit des Bildes immer in ziemlich hohem Grade vermindert. Die Verbesserung dieser Abweichung kann nun auf folgende Weisen erreicht werden.

Erstens wird dieselbe dadurch bedeutend vermindert, dass man der Linse eine entsprechende, durch verschiedene Krümmungen der beiden Oberflächen zu erreichende Form giebt. Die beste Form, welche man einer doppeltconvexen Linse von gewöhnlichem Glase geben kann, ist aber

die, bei der sich ihre beiden Krümmungshalbmesser zu einander verhalten wie 1 : 6. Dieser ziemlich nahe kommt die planconvexe Linse, wenn man die ebene Seite dem Gegenstande zuwendet.

Zweitens kann man die Oeffnung der Linse beschränken, indem man die Randtheile, nach denen hin die sphärische Abweichung immer mehr zunimmt, während sie gegen die Mitte auf ein Minimum herabsinkt, abschneidet. In der einfachsten Weise geschieht dies durch Diaphragmen, d. h. durch in der Mitte durchbohrte, geschwärzte Plättchen. Man kann denselben Zweck indessen auch noch auf andere Weise erreichen, worauf wir bei der Betrachtung der Lupe (S. 12, Fig. 8. u. 9) zurückkommen werden.

Ein drittes Mittel zur Verbesserung der sphärischen Abweichung besteht darin, dass man mehrere schwächere Linsen so mit einander vereinigt, dass sie zusammen gleich einer stärker gekrümmten einfachen Linse wirken. Hierdurch wird nämlich die Vergrösserung erhöht, ohne dass die sphärische Abweichung in demselben Verhältnisse zunimmt. Nebenbei wird auch durch solche Linsencombination, welche je nach der Anzahl der einfachen Linsen den Namen Doublet, Triplet u. s. w. führen, die Farbenabweichung gehoben.

Würde man statt des Glases stärker brechende Substanzen anwenden, so liesse sich die Brennweite der Linsen verkürzen, ohne eine sehr bedeutende Vermehrung der Krümmung zu verlangen, und man könnte bei gleichbleibender Abweichung weit stärkere Vergrösserungen erhalten. Solche Dienste könnten die Edelsteine, namentlich der Diamant und Sapphir, leisten. Es kommen diese Materien indessen jetzt weniger in Betracht, da man das einfache Mikroskop nur noch zur Präparation verwendet und die daraus geschliffenen Linsen daher kaum mehr den hohen Preis, den man dafür bezahlen müsste, belohnen dürften.

Jede einfache Linse sowohl, als jede Linsencombination, die gleich einer einfachen Linse wirkt, können als einfaches Mikroskop gebraucht werden. In der Praxis unterscheidet man indessen zwischen Lupe und einfachem Mikroskop im engeren Sinne. Unter der ersteren versteht man in der Regel die schwächer vergrössernden Linsen, die bei ihrer Anwendung kein besonderes Stativ mit Beleuchtungsapparat, Objecttisch und Einstellvorrichtung verlangen, während man unter dem letzteren solche Instrumente versteht, bei denen neben schwächeren auch stärker vergrössernde Linsen und Linsencombinationen an einem besonderen, mehr oder minder vollkommen eingerichteten Stativ gebraucht werden. Obwohl dieser Unterschied ein ziemlich willkürlicher ist, so wollen wir ihn doch hier um der Praxis willen festhalten.

II. Die Lupe.

Die Lupe ist ein für den Mikroskopiker höchst wichtiges Werkzeug, welches namentlich im Stande ist, denselben bei der Voruntersuchung sei-

ner Objecte, so wie bei deren Vorbereitung zu der eigentlichen Untersuchung wesentlich zu unterstützen. Es sollte dieser daher streben, das Instrumentchen immer in möglichster Vollkommenheit zu besitzen und seine Ansprüche an dasselbe nie zu sehr herabstimmen. Obwohl die Anforderungen, welche man an die Lupe stellt, sich verschieden gestalten je nach den speciellen Zwecken, zu denen sie dienen soll, so lassen sich doch einige allgemeine Bedingungen hervorheben, denen eine gute Lupe entsprechen soll, welche ich der Beschreibung derselben in Kürze vorausschicken will.

Eine gute Lupe soll bei einer fünf- bis zwanzigfachen Vergrösserung erstens ein recht scharfes und deutliches Bild gewähren, zweitens ein grosses Gesichtsfeld und drittens einen solchen Abstand vom Objecte besitzen, dass diesem nicht allein kein Licht entzogen wird, sondern dass man auch ohne Einschränkung unter ihr Zergliederungen mittelst kleiner Messerchen oder mittelst der Präparirnadeln vorzunehmen im Stande ist.

Was nun zunächst den optischen Apparat der Lupe betrifft, so geht aus dem Früheren klar hervor, dass die beiderseits gleich stark gekrümmten Sammellinsen geradezu verworfen werden müssen, weil dieselben bei der starken sphärischen Abweichung nur für den mittleren Theil des Gesichtsfeldes ein scharfes und tadelloses Bild gewähren, während dasselbe gegen die Ränder zu mehr und mehr verzerrt erscheint. Weit geeigneter sind die einfachen Linsen von der besten Form (S. 9) und fast gleich gut die planconvexen Linsen, mit welchen man für alle Fälle ausreicht, wo eine nur schwache Vergrösserung gefordert wird. Will man die Vergrösserung verstärken, so kann man zu diesem Zwecke zwei planconvexe Linsen übereinanderschieben.

Bei dem Gebrauche der planconvexen Linse als Lupe hat man besonders auf ihre relative Stellung gegen das Object zu achten. Für genaue Untersuchungen oder Zergliederungen muss dem letzteren immer die ebene Seite zugewendet werden, weil dann die sphärische Abweichung am meisten gehoben erscheint. Ist bei dieser Stellung auch das Gesichtsfeld etwas kleiner, als wenn man die gekrümmte Seite gegen das Object kehrt, so gewähren dagegen alle in dem Felde befindlichen Theile des Gegenstandes ein gleich scharfes Bild. Werden zwei planconvexe Linsen übereinandergeschoben, wie es bei den gewöhnlichen Taschen-Doppellupen geschieht, so müssen entweder beide erhabenen Flächen gegeneinander, oder es muss die erhabene Fläche der einen Linse der ebenen Fläche der zweiten zugewendet sein. Auf dem letzteren Principe, d. h. auf der Verbindung zweier planconvexer Linsen in der Art der später näher zu betrachtenden Doublets beruhen die Frauenhofer'sche (Fig. 5) und die Wilson'sche (Fig. 6) Lupe, welche man von manchen Optikern (Hartnack, Be-

Fig. 5.

Fig. 6.

nèche, Zeiss u. A.) erhält. In beiden sind die gekrümmten Flächen der planconvexen Linsen einander zugekehrt, bei der ersten einander mehr genähert, bei der andern ferner gestellt und fest mit einander verbunden. Die letztgenannten Lupenarten geben indessen auch nur für schwache Vergrösserungen ein ganz fehlerfreies Bild. Für stärkere Vergrösserungen eignet sich dagegen die Lupe von Plössl besser, welche aus zwei achromatischen Linsen besteht, die entweder zusammen oder jede für sich gebraucht werden können. Aehnliche Lupen verfertigen auch Benèche, Schiek und Zeiss zu den Preisen von 3 bis 4 Thalern, und kann ich die von dem letztgenannten Optiker verfertigten aus eigener Erfahrung auf das Wärmste empfehlen.

Aehnlich wie die aus zwei Linsen zusammengesetzten wirken einige andere aus einem einzigen Glasstücke verfertigte Lupen, deren beide gegenüberstehende Seiten Kugelhauben von gleichem oder verschiedenem Krümmungshalbmesser bilden.

Die Cylinderlupe (Fig. 7) besteht aus einem walzenförmigen Glasstücke, dessen beide Enden Kugelabschnitte von verschiedener Krümmung bilden. Wendet man die schwächer gekrümmte Oberfläche dem Objecte zu, so giebt diese Lupe ein von der sphärischen Abweichung ziemlich freies Bild, indem durch die grössere Entfernung der beiden Flächen von einander die Randstrahlen in erforderlicher Weise abgeschnitten werden.

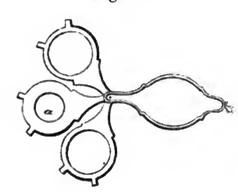
Fig. 7. Fig. 8. Fig. 9.

Noch etwas schärfere und reinere Bilder liefern die Coddington'sche und die Brewster'sche Lupe. Bei ihnen gehören die beiden brechenden Flächen Kugeln von gleichem Halbmesser an. Zur Beseitigung der sphärischen Abweichung ist bei der einen (Fig. 8) bis nahe ans Centrum der mittlere Theil rinnenförmig eingeschliffen, bei der andern (Fig. 9) eine gerade ringförmige Vertiefung eingeschnitten. Die drei zuletzt genannten Lupen theilen die gleichen Nachtheile mit einander, indem sie erstlich eine sehr bedeutende Annäherung an das Object verlangen und zweitens ein sehr beschränktes Gesichtsfeld besitzen. Für die Präparation kommen dieselben daher gar nicht in Betracht, dagegen haben sie den Vortheil, dass sie mit dem unteren Theile in Wasser getaucht werden können, um in demselben befindliche Gegenstände der Beobachtung zu unterwerfen.

Die Fassung der Lupe muss derart beschaffen sein, dass man das Auge der Linse möglichst nähern kann, es darf erstere daher nicht zu weit über die letztere hervorragen. Eine schüsselförmige Fassung, wie man sie bei den Doublets anwendet, möchte daher für die einfachen Linsen oder für jene Doppellinsen, die einander mehr genähert sind, die empfehlenswertheste sein, während die weiter von einander abstehenden Doppellinsen sowie die Cylinderlupen eine röhrenförmige Fassung verlangen.

Die gewöhnlichen Hand- oder Taschenlupen werden am geeignetsten in Form der Lorgnette gefasst, wobei Einrichtung getroffen sein soll, dass man entweder nur **eine** einzelne Linse benutzen oder **zwei** bis **drei** Linsen übereinanderschieben kann.

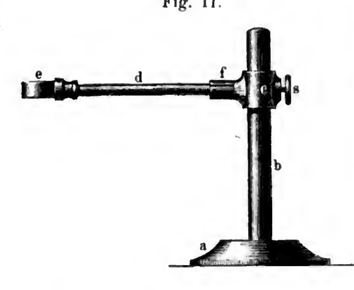
Fig. 10.



Für die Präparirlupen, die man niemals in freier Hand hält, sondern auf einem passenden Träger befestigt gebraucht, muss die Fassung mit Rücksicht auf diesen letzteren eingerichtet werden. Am besten ist dieselbe entweder ganz oder doch am unteren Ende walzenförmig, um von einem Ring des Trägers aufgenommen werden zu können. Indessen kann sich auch an der Seite der Fassung eine runde oder viereckige Oeffnung befinden, vermittelst der die Lupe auf einem entsprechenden Stäbchen verschiebbar ist, oder es mag dieselbe einen seitlichen Fortsatz haben, den man genau in eine passende Oeffnung des Trägers einfügt.

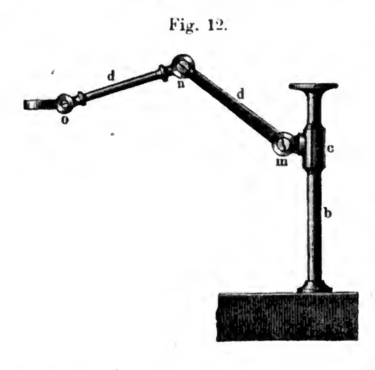
Der Lupenträger ist am besten möglichst einfach eingerichtet. Auf einen besonderen Objecttisch, sowie auf die Beleuchtung des Objects von unten kann man bei demselben um so mehr verzichten, als der ausübende Mikroskopiker für Präparation feinerer Objecte immer ein einfaches Mikroskop zur Hand haben wird, an dessen Stativ er leicht und mittelst einer einfachen Vorrichtung auch seine Lupe anzubringen vermag. Das Haupterforderniss des Lupenträgers besteht darin, dass er eine leichte und sanfte Auf- und Abbewegung der Lupe gestattet, während diese aus der einmal gegebenen Stellung nicht durch jede leichte Berührung verrückt werden kann. Sehr gut genügt diesen Bedingungen folgende einfache Vorrichtung (Fig. 11). An einer runden, in den schweren gusseisernen Fuss *a* eingelassenen Messingstange (*b*) bewegt sich mittelst der durch eine Schraube *s* festzustellenden Hülse *c* der Metallstab *d*, welcher in dem Ringe *e* die Lupe aufnimmt und so eine sanfte Auf- und Abbewegung der letzteren, sowie ein hinreichend festes Beharren in der gegebenen Stellung gestattet. Um auch die hier und da ganz erwünschte Bewegung der Lupe in der horizontalen Ebene nicht auszuschliessen, kann man mit der Hülse *c* eine zweite etwas stark schliessende federnde Hülse *f* verbinden und in diese den runden Stab *d* ein-

Fig. 11.



stecken. Das Einzige, was diesem Lupenträger abgeht, ist eine möglichst vielseitige, indessen nur selten vermisste Beweglichkeit des horizontalen Armes. Um diese zu erlangen, wählt man zweckmässig folgende Einrichtung (Fig. 12), die sich mir recht gut bewährt hat. Der an dem Stabe *b* vermittelst einer starken federnden Hülse *c* senkrecht bewegliche Arm *d* erhält ein Charniergelenk in der Nähe der Hülse *c* bei *m*, und dann ein zweites bei *n*, während zur horizontalen Stellung der Lupe ein Kugelgelenk bei *o* angebracht wird.

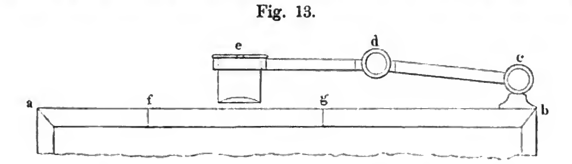
Fig. 12.



Um dem Objecte eine über die Fläche des Arbeitstisches erhöhte, zur Präparation bequeme Lage zu geben, benutzt man am besten einen 15 bis 20 Ctm. langen, etwa 10 Ctm. breiten und 6 bis 8 Ctm. hohen Klotz von glattem Holze, oder lässt gleich in diesen (Fig. 12) den Stab *b* ein.

Auch der von H. v. Mohl empfohlene Lupenträger (Fig. 13) erfüllt recht gut seinen Zweck und gestattet ausserdem, ohne erst das Object

Fig. 13.



unter ein zweites Instrument bringen zu müssen, die Beleuchtung des Gegenstandes von unten, d h. mittelst durchfallenden Lichtes. Ein etwa 6 bis 8″ langes, 3″ breites und hohes Kästchen *ab* ist an der dem Fenster zugewandten Seite offen und enthält einen flachen, mittelst eines an der rechten Seite hervorragenden Knopfs um seine Achse beweglichen Spiegel. Bei *fg* hat dasselbe eine Oeffnung, welche mit einer Glasplatte verschlossen ist, auf welche die Objecte gelegt werden, und die Lupe *e* endlich wird von einem linkerseits angeschraubten, mit zwei Gelenken versehenen Arm *cd* getragen. Will man hier bei auffallendem Lichte präpariren, so braucht man nur die Glasplatte durch eine geschwärzte Platte zu ersetzen, auf welche der Objectträger zu liegen kommt. Ausser den beschriebenen giebt es noch eine Menge anders eingerichteter Lupenträger, welche ganz

gut ihrem Zweck entsprechen. Es kommt hierbei gar vieles auf die Individualität des Beobachters und dessen specielle Wünsche an. Wer einen einigermaassen gewandten Mechaniker in seiner Nähe hat, wird sich daher leicht seinen Lupenträger nach eigener Idee einrichten lassen können, weshalb ich alle weiteren derartigen Apparate zu beschreiben unterlasse.

III. Das einfache Mikroskop.

Zu dem einfachen Mikroskope rechnet man alle diejenigen Instrumente, bei denen stärkere, etwa 15- bis 60fache (sogar bis 200- und 300-fache) Vergrösserungen in Anwendung kommen und wo, bei einem vollkommneren Stativ mit Objecttisch, Einrichtungen zur Beleuchtung von unten, sowie zur groben, oder zur groben und feinen Einstellung vorhanden sind.

Da es bei diesem Instrumente vorzugsweise darauf ankommt, ein scharfes und selbst für die stärkeren Vergrösserungen noch hinreichend helles Bild zu erhalten, so können bei demselben, eben der gesteigerten Vergrösserung halber, die einfachen Linsen kaum mehr zur Anwendung gelangen. Als optischer Apparat dienen vielmehr in der Regel Combinationen von zwei fest mit einander verbundenen planconvexen Linsen, sogenannte Doublets. Ja bei sehr starken, 200- bis 300fachen Vergrösserungen, welche indessen bei der gegenwärtigen Gebrauchssphäre des einfachen Mikroskopes fast nicht mehr in Betracht kommen, werden sogar dreifache Combinationen, sogenannte Triplets, verwendet.

Die Verbindung der Linsen unter einander kann in verschiedener Weise geschehen. Für unsere Zwecke wird dieselbe in der Regel nur in der Art ausgeführt, dass die Linsen einen geringeren Abstand von einander erhalten, als ihre Brennweite beträgt. Ob dieselben dabei mit ihren beiden ebenen Seiten nach unten gewendet sind, wie dies bei dem ursprünglichen Wollaston'schen Doublet der Fall, oder ob sie, wie bei den Zeiss'schen und anderen neueren Doublets, mit ihren convexen Seiten einander zugekehrt stehen, ist dabei gleichgültig, wenn nur das Ziel einer möglichsten Verbesserung der beiden Abweichungen, sowie einer grossen Oeffnung und damit parallel gehenden grösseren Lichtstärke und ausgedehnteren Gesichtsfeldes erreicht wird.

Fig. 14.

Wie die Verbindung zweier planconvexen Linsen in Bezug auf die Verkürzung der Brennweite und damit auf die Steigerung der Vergrösserung wirkt, geht aus der Betrachtung der Figur 14 hervor. Sind *A* und *B* zwei planconvexe Linsen, deren Brenn-

punkte in f und f' liegen und deren Entfernung vw kleiner ist, als vf, so treten die auf die hintere Linse A fallenden Strahlen derart convergirend aus derselben aus, dass sie sich in f zu einem Brennpunkte vereinigen würden. Nun wird aber diese Convergenz durch die zweite, vordere Linse B noch vermehrt und es vereinigen sich die Strahlen in dem beiden Linsen gemeinschaftlichen Brennpunkte f''. Dieser Punkt rückt aber der Oberfläche der vorderen Linse um so näher, d. h. es wird die Brennweite der Combination um so kleiner, je mehr die beiden Linsen einander genähert sind, und sie ist dann am kleinsten, wenn sich dieselben berühren. In diesem letzteren Falle ist die Brennweite eine solche, dass beide Linsen ebenso stark vergrössern, wie eine biconvexe Linse, deren beide Krümmungshalbmesser den Krümmungshalbmessern der beiden einzelnen Linsen gleich sind.

Die gemeinschaftliche Brennweite zweier planconvexen Linsen mit verschiedenen Brennweiten wird unter Voraussetzung der Berührung beider gefunden, wenn man das Product der beiden letzteren durch deren Summen dividirt. Bezeichnen wir die gemeinschaftliche Brennweite mit F, die beiden letzteren Brennweiten mit f und f', so ist $F = \frac{ff'}{f+f'}$.

Stehen die beiden Linsen nicht mit einander in Berührung, sondern befinden sie sich in irgend einer Entfernung von einander, so erhält man deren gemeinschaftliche Brennweite, wenn man das Product aus der Brennweite der vorderen Linse und dem Unterschiede zwischen der Brennweite der hinteren Linse und der Entfernung (e) beider Linsen durch die Summe aus diesem Unterschiede und der Brennweite der vorderen Linse dividirt. Es ist demnach

$$F = \frac{f' \times (f - e)}{f' + (f - e)},$$

wobei f' die Brennweite der vorderen, f diejenige der hinteren Linse bezeichnet. Aus dieser Formel geht zugleich hervor, dass F verschieden ausfallen muss, je nachdem man die stärkere oder schwächere Linse als vordere wählt.

Sei z. B. $f = 15^{mm}$, $f' = 10^{mm}$, $e = 5^{mm}$, so wird in einem Falle

$$F = \frac{10 \times 10}{10 + 10} = 5^{mm}.$$

im anderen Falle dagegen

$$= \frac{15 \times 5}{15 + 5} = 3{,}75^{mm}.$$

Den derart erlangten Werth der gemeinschaftlichen Brennweite darf man indessen bei der Berechnung der Vergrösserung nicht in die oben gegebene Formel $\left(\frac{d + f}{f}\right)$ einführen, weil diese sonst viel zu stark ausfallen würde. Zu jenem Behuf muss man vielmehr die Brennweite einer

äquivalenten einfachen Linse, d. h. einer solchen Linse einführen, die mit der betreffenden Linsenverbindung gleiche Vergrösserung hat. Diese Brennweite erhält man aber, wenn die Brennweiten der einfachen Linsen mit einander multiplicirt und das Product durch die um ihre wechselseitige Entfernung verminderte Summe beider dividirt wird. Es ist dieselbe mithin

$$= \frac{f \cdot f'}{(f + f') - e},$$

würde sich also unter obigen Voraussetzungen auf $\frac{10 \cdot 15}{15 + 10 - 5} = 7{,}5$ herausstellen.

Für die praktische Bestimmung der Vergrösserung, beziehungsweise der Aequivalentbrennweite eines Doublets gelten ganz die oben für die einfache Linse gegebenen Anweisungen.

Ausser den obengenannten besitzen die Doublets auch noch den Vortheil, dass das Gesichtsfeld weit mehr geebnet erscheint, als bei einer gleichstarken einfachen Linse, und dass dasselbe aus diesem Grunde nicht nur eine absolute, in der weiten Oeffnung begründete, sondern ausserdem eine relative Vergrösserung erlangt, indem auch an den Randtheilen das Bild hinreichend scharf und deutlich gezeichnet ist.

Was die Fassung der Linsen betrifft, so eignet sich dafür, schon wegen der nothwendigen Annäherung des Auges, die schüsselförmige Messingfassung am besten, in welche die einzelnen Linsen fest eingesetzt und durch eine Verschraubung in bestimmtem Abstande mit einander verbunden sind (Fig. 15). Die Blendung ist in der Regel mit der Fassung vereinigt und liegt entweder dicht hinter der vorderen oder dicht vor der hinteren Linse.

Fig. 15.

Eine eigenthümliche Einrichtung, welche den Doublets schon von Chevalier gegeben wurde, um einen grösseren Focalabstand zu erzielen, ist in neuerer Zeit von Brücke bei der nach ihm benannten Lupe (welche Belthle zu dem Preise von 5 bis 10 Thalern liefert) wiederum in Anwendung gebracht worden. Bei diesem Instrumentchen ist nämlich mit einem aus zwei planconvexen, mit ihren erhabenen Flächen einander zugekehrten Linsen bestehenden Doublet, das dem Objecte zugewendet ist, eine dem Auge genäherte Concavlinse so verbunden, dass sich beide in einer Entfernung von 40 bis 60^{mm} von einander befinden. Der Focalabstand erreicht bei dieser Einrichtung etwa 80 bis 100^{mm} und das Gesichtsfeld hat eine Ausdehnung von 10^{mm} im Durchschnitt. Es wird diese Vorrichtung zur Präparation immer nur eine sehr beschränkte Anwendung finden, indem der allerdings wünschens- und schätzenswerthe Vortheil des grossen

Fig. 16.



Focalabstandes durch die neben einer stets nur mässigen Vergrösserung hergehende geringe Ausdehnung des Gesichtsfeldes wieder aufgehoben wird.

Das Stativ des einfachen Mikroskops lässt mancherlei Abänderungen zu. Die Hauptgrundsätze indessen, welche bei seinem Bau in Folge des Zweckes, zur Präparation gröberer sowohl als feinerer Objecte zu dienen, maassgebend sein dürften, lassen sich im Folgenden zusammenfassen.

Erstens: Die Höhe soll weder zu bedeutend noch zu gering sein, weil in dem ersteren Falle die Hand zu weit von dem Arbeitstische abstehen würde, was auf die Präparation störend einwirkt, im anderen Falle aber ein zu starkes Neigen des Kopfes nöthig wäre, was wiederum vierlerlei Unbequemlichkeit nach sich zieht. Nach meinen Erfahrungen ist, wenn das Mikroskop auf seinem Kästchen oder auf dem gleich zu beschreibenden Präparirklotz aufgeschraubt ist, eine Höhe des Objecttisches von etwa 150^{mm} über dem Arbeitstische für Kopf und Hand die bequemste.

Um die Hände beim Präpariren bequem aufstützen zu können, benutzt man einen schweren hölzernen (eichenen) Klotz (Fig. 18), welcher in der Mitte das Mikroskop aufgeschraubt erhält und daselbst wegen des Beleuchtungsapparates und der Einstellschrauben etwas eingeschnitten wird. Die rechte und linke Seitenfläche fallen schief ab, indem sie an den dem Objecttisch zugewandten Seiten eine demselben bis auf etwa 2 Centimeter nahekommende Höhe haben, an den äusseren Enden dagegen nur noch etwa 4 bis 5 Centimeter hoch sind. Zur Länge giebt man den Seitenflächen etwa 25, zur Breite 15 Centimeter, und rundet sämmtliche Kanten etwas ab. Sind diese letzteren Dimensionen zu klein, so erhält man immer nur eine ungenügende Stützfläche.

Zweitens muss der Objecttisch feststehen und eine solche Grösse haben, dass man auf demselben leicht alle nöthigen Präparationen vornehmen, Objectträger von erforderlicher Grösse benutzen und dieselben ohne Beschränkung drehen kann. Unter 50 bis 60^{mm} im Quadrat sollte derselbe eigentlich nie gross sein. Er ist am besten eben und wenn Federklammern angebracht sind, so müssen diese zum Einstecken am hinteren Ende eingerichtet und nicht auf dem Tische festgeschraubt sein. Die Oeffnung ist unter allen Umständen hinreichend, wenn sie 15 bis 20^{mm} Durchmesser hat.

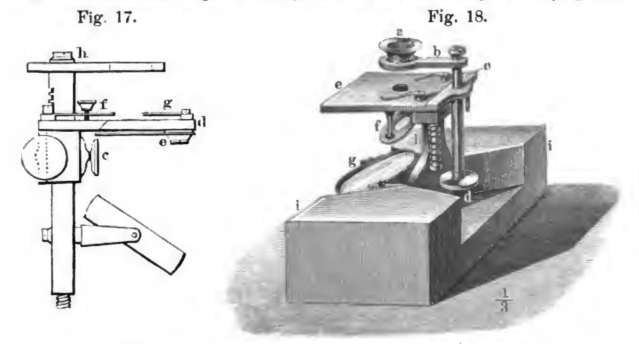
Drittens bedarf das einfache Mikroskop eines geeigneten Beleuchtungsapparates, der auch bei stärkeren Vergrösserungen noch hinreichend Licht gewährt. Am zweckmässigsten ist ein ebener Spiegel, über welchem, um für die starken Vergrösserungen noch hinreichende Erhellung zu erhalten, eine nach der Seite zu drehende Sammellinse angebracht ist.

Viertens muss das Stativ eine hinreichend bequeme und solide Vorrichtung zur Einstellung besitzen. Für die meisten Fälle genügt hier eine grobe Einstellung, welche entweder durch Zahn und Trieb oder durch Verschiebung des Linsenträgers in senkrechter Richtung bewirkt werden kann. Will man stärkere Vergrösserungen gebrauchen, so ist es gut,

wenn auch eine feine Einstellschraube angebracht ist. In jedem Falle muss aber mittelst der Einstellvorrichtung die Linse dem Object genähert und von demselben entfernt, niemals der Objecttisch bewegt werden.

Von den älteren Stativen des einfachen Mikroskopes sind mir nur die von Chevalier in Paris und von Körner in Jena, sowie von Plössl in Wien bekannt. Alle drei stimmen in ihrer Einrichtung so ziemlich überein und haben auch denselben Fehler, dass die Einstellung durch Auf- und Abwärtsbewegen des Objecttisches bewerkstelligt wird (Fig. 17).

Fig. 17. Fig. 18.



Unter den neueren Stativen besitzt das von Carl Zeiss in Jena und dessen Nachbildungen eine allen Anforderungen entsprechende Einrichtung, weshalb ich mich hier auf dessen Beschreibung beschränken will. Die geschweifte Säule *a* (Fig. 18) trägt den unbeweglichen Objecttisch *e*, nebst zwei Fortsätzen, in denen die beiden der feinen Einstellung dienenden Stifte einfügen, von welchen der längere von einer die feine Einstellung regulirenden, unten durch eine Schraube festgehaltenen Spiralfeder umgeben ist. Die grobe Einstellung wird durch Verschiebung der Stahlstange bewirkt, welche den Arm für die Aufnahme der Doublets trägt, wogegen die feine Einstellung mittelst der Schraube *d* vorgenommen wird, welche die Hülse mit dem an ihr befestigten Messingstück, in welchem der Linsenträger enthalten ist, hebt und senkt. Die Beleuchtung wird von dem Planspiegel *g* und der zwischen ihm und dem Objecttische angebrachten Sammellinse *f* bewirkt, welche zur Seite gedreht werden kann.

Zu diesem Mikroskope gehören als Präparirmikroskop drei Doublets mit 15-, 30- und 60facher Vergrösserung und von ganz ausgezeichneter Wirkung. Sein Preis stellt sich auf 13 Thlr. Auf Verlangen giebt Herr Zeiss aber auch noch ein sehr schönes Doublet mit 120facher und zwei Triplets mit 200- und 300facher Vergrösserung bei und es kostet das so ausgerüstete und mit Spiegeleinrichtung für schiefe Beleuchtung versehene

2*

Instrument 26 Thaler. Obgleich nun das stärkere Doublet sowie die beiden Triplets in ihrer Art sehr ausgezeichnet sind und ihrem Verfertiger alle Ehre machen, so möchte ich doch deren Anwendung zur eigentlichen Untersuchung wegen der später näher zu besprechenden Nachtheile nicht empfehlen und auch dem Studirenden lieber zur Anschaffung eines kleineren zusammengesetzten Mikroskopes rathen.

ZWEITER ABSCHNITT.

DAS ZUSAMMENGESETZTE MIKROSKOP.

I. Allgemeine Grundsätze.

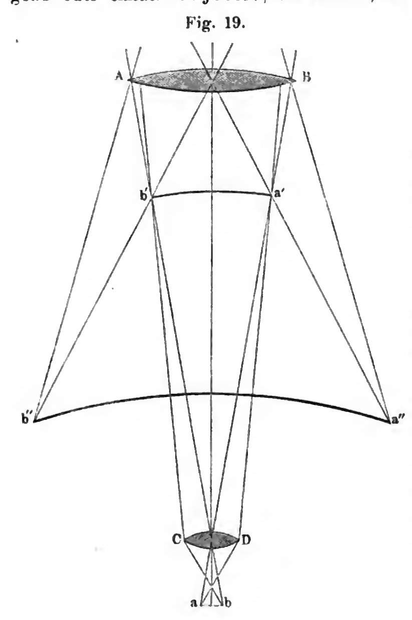
Benutzt man die bekannte Eigenschaft der convexen Linse, von einem ausserhalb des Brennpunktes, aber innerhalb der doppelten Brennweite gelegenen Gegenstande auf der entgegengesetzten Seite ihrer Oberfläche ein verkehrtes und vergrössertes Bild zu erzeugen, in der Art, dass man dieses objective Bild wiederum durch ein einfaches Mikroskop, d. h. eine Sammellinse betrachtet, so lassen sich aus einer derartigen Vereinigung zweier einfachen Linsen die Grundlinien der Theorie des zusammengesetzten Mikroskopes entwickeln.

Befindet sich ausserhalb der Brennweite, doch nahe an dem Brennpunkte der Linse *CD* der Gegenstand *ab* (Fig. 19, a. f. S.), von welchem nach allen Seiten hin Lichtkegel ausgehen, so erzeugen diese nach ihrem Durchgange durch die Linse auf deren entgegengesetzter Seite das verkehrte vergrösserte Luftbild *a′b′*. Alle von einem bestimmten Punkte (z. B. *b*) des Gegenstandes ausgegangenen Lichtstrahlen ein und desselben Lichtkegels kreuzen sich aber in dem entsprechenden Punkte des Bildes (also in *b′*) und treffen dann in divergirender Richtung auf die Linse *AB*. Von dieser werden sie dann so gebrochen, dass alle nach dem dicht hinter ihrer Oberfläche gedachten Auge gelangenden Strahlen einen Divergenzgrad besitzen, als ob sie von einem an der Stelle des Bildes *a″b″* in der Entfernung des deutlichen Sehens gelegenen Objecte ausgingen.

Die beiden Linsen *CD* und *AB* erhalten je nach ihrer Lage gegen den Gegenstand und das Auge verschiedene Namen. Die dem ersten zu-

gekehrte, das Luftbild $a'b'$ erzeugende heisst **Objectivlinse**, **Objectivglas** oder einfach **Objectiv**, die andere, als einfaches Mikroskop benutzte, das Scheinbild $a''b''$ hervorrufende **Ocularlinse**, **Augenglas** oder schlechtweg **Ocular**.

Fig. 19.



Das durch die Gesammtwirkung der Objectiv- und Ocularlinse zu Stande gekommene mikroskopische Bild muss nach den Gesetzen der Optik in einer gekrümmten Fläche liegen und zugleich gegenüber seinen mittleren Theilen bedeutende Grössenveränderungen seiner Ausmessungen nach den Randtheilen hin erleiden. Bildet nämlich das Object eine ebene Fläche, so haben seine einzelnen Punkte von dem Mittelpunkte der Objectivlinse einen um so grösseren Abstand, je weiter sie von dem Punkte entfernt sind, in dem die optische Achse das erstere schneidet. Je weiter aber die Objectpunkte von dem optischen Mittelpunkte des Objectivs entfernt sind, desto näher müssen die betreffenden Bildpunkte an der Linse liegen und es wird sohin das Luftbild in einen nach oben convexen Abschnitt einer sphärischen Fläche fallen. Je näher ferner ein Bild einer Linse liegt, desto kleiner gestaltet sich dasselbe, so dass mit der Krümmung der objectiven Bildfläche zugleich eine Grössenverminderung der Randtheile des Bildes nach der Richtung sämmtlicher Radien Hand in Hand geht. Das Bild eines aus kleinen Quadraten gebildeten Netzes von Draht nimmt jetzt die in Fig. 21 dargestellte Form an. Wird das so in seinen Flächen- und Ausmaassverhältnissen gestörte Bild durch das Ocular betrachtet, so müssen sich, wie wir aus der Betrachtung des einfachen Mikroskops wissen, die eben geschilderten Erscheinungen theils steigern, theils verändern. Es wird zunächst die Krümmung der Bildfläche in nicht unbedeutendem Grade, und zwar nach derselben Seite hin vermehrt. Die Verminderung

der Grössenverhältnisse nach dem Rande hin wird nun aber in dem Scheinbilde theilweise aufgehoben, theilweise in eine Vergrösserung übergeführt, da die Wirkung des Oculars, bei nur irgend erheblicher Stärke

Fig. 20.

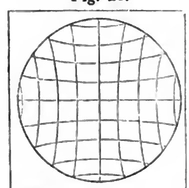
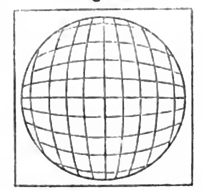
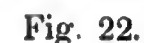


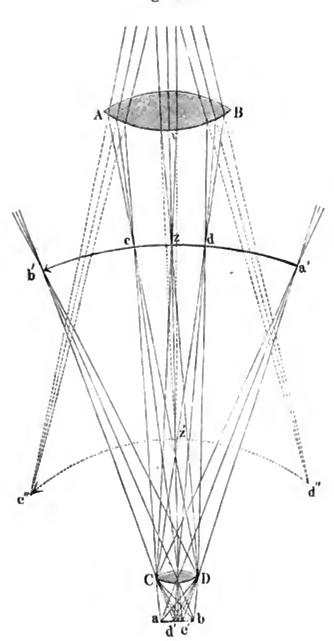
Fig. 21.



desselben, eine weitaus überwiegende ist. Das quadratische Netz erscheint dem Beobachter jetzt so, wie in Fig. 20.

In der voranstehenden Entwickelung wurde der Gegenstand von solcher Grösse angenommen, dass auch die äussersten, von dem Luftbilde aus divergirenden Randstrahlen noch auf das Ocular trafen. Nimmt man dagegen das zu betrachtende Object grösser an, als dies geschehen, so kann, wie aus der in nebenstehender Fig. 22 gegebenen Construction leicht ersichtlich ist, nur noch ein Theil desselben übersehen werden. Die von allen zwischen *a'* und *d* sowie zwischen *b'* und *c* gelegenen Punkten aus divergirenden Strahlen gelangen nämlich gar nicht mehr nach dem Augenglase, sondern gehen an dessen Rändern vorbei. So kommt denn nur der mittlere Theil *cd* des Luftbildes, folglich auch nur der entsprechende Theil *c'd'* des Gegenstandes zur Anschauung. Die Grösse des Gesichtsfeldes ist somit bei dem zusammengesetzten Mikroskope gleichfalls zwischen bestimmte, von der Oeffnung des Oculares abhängige Grenzen eingeschlossen.


Fig. 22.



Die vergrössernde Kraft des zusammengesetzten Mikroskopes ist ein Product aus derjenigen der Objectiv- und Ocularlinse. Man hat es indessen bis zu einer gewissen Grenze in der Gewalt, dieselbe, unter Beibehaltung einer bestimmten Verbindung beider Linsen, willkürlich zu verstärken oder zu vermindern. Aus dem früher Dargestellten ist bekannt, dass das mittelst einer Linse erzeugte Luftbild um so weiter hinter deren Oberfläche entsteht, und zugleich um so stärker vergrössert erscheint, je näher der Gegenstand an den Hauptbrennpunkt gerückt wird. Entfernt man nun, indem man das Objectiv dem Gegenstande nähert, das Ocular in entsprechendem Maasse von jenem, so dass das Luftbild stets in der gleichen Entfernung von dem letzteren bleibt, dann wird das Scheinbild verhältnissmässig grösser werden. Die vergrössernde Kraft des Mikroskopes nimmt auf diese Weise zu, ohne dass entweder die vergrössernde Kraft des Oculares, noch die des Objectives eine Veränderung zu erleiden brauchte. Umgekehrt nimmt die vergrössernde Kraft ab, wenn man das Objectiv von dem Gegenstande entfernt, indem man ihm das Ocular näher bringt. Dieses Hilfsmittel zur Aenderung der Vergrösserung darf jedoch nicht über bestimmte Schranken hinaus in Anwendung gebracht werden, indem bei zu stark gesteigerter Entfernung zwischen Objectiv und Ocular an Deutlichkeit des Bildes, sowie an Ausdehnung des Gesichtsfeldes verloren geht, was an Grösse gewonnen wird, im anderen Falle aber das Bild durch Steigerung der Aberrationserscheinungen eine Verschlechterung erleidet.

Die zur Berechnung der Vergrösserungszahl dienenden Factoren sind in den Vergrösserungszahlen des Objectives und Oculares gegeben. Von ihnen ist die letztere nach S. 4 $= \frac{d+f}{f}$, wobei d die mittlere Sehweite, f die Brennweite des Oculares bezeichnet. Der andere Factor ist gleich dem Quotienten, welchen man erhält, wenn die Entfernung des Luftbildes von dem Mittelpunkte des Objectives durch die Entfernung des Gegenstandes von demselben Punkte aus dividirt wird. Das hieraus sich ergebende Product, d. h. die Vergrösserungszahl des zusammengesetzten Mikroskopes (V) ist demnach, wenn wir der Kürze wegen jene mit E, diese mit e bezeichnen,

$$= \frac{E}{e} \cdot \frac{d+f}{f}.$$

Nun lassen sich weder E noch e unter allen Verhältnissen leicht durch Messung genau bestimmen, wogegen die Berechnung ihrer Zahlenwerthe keine Schwierigkeiten bietet. Aus der mittleren Sehweite und der Brennweite des Oculares lässt sich nämlich leicht die Stelle ausmitteln, an welcher das Luftbild entstehen muss, um durch die Ocularlinse vergrössert und deutlich gesehen werden zu können. Dieselbe ist $= \frac{df}{d+f}$. Kennt man dann ausserdem die Grösse der Entfernung zwischen Ocular und Ob-

jectiv, welche sich stets direct messen lässt, so braucht man von ihr nur die gefundene Entfernung des Luftbildes vom Oculare abzuziehen, um den Werth von E zu erhalten. Sei nun die Entfernung zwischen Ocular und Objectiv $= D$, so ist

$$E = D - \frac{df}{d+f} = \frac{D(d+f) - df}{d+f}.$$

Aus dem Werthe von E aber und der Brennweite des Objectives $(= f')$ bestimmt sich e zu

$$\frac{E \cdot f'}{E - f'}.$$

Die Formel

$$\frac{E}{e} \cdot \frac{d+f}{f}$$

geht somit über in:

$$\frac{E - f'}{f'} \cdot \frac{d+f}{f}.$$

Setzt man endlich statt E seinen oben berechneten Werth ein und reducirt gehörig, so ergiebt sich die Vergrösserungszahl:

$$V = \frac{(D - f')(d+f) - df}{f \cdot f'}.$$

Diese Formel enthält aber nur noch solche Zahlenwerthe, die einer unmittelbaren und genauen Bestimmung immer mehr oder minder leicht zugänglich sind. Ein Zahlenbeispiel möge dies näher erläutern.

Seien bei einem zusammengesetzten Mikroskope der einfachsten Form die Werthe von f', f, d und D der Reihe nach 3,5, 30, 209 und 200^{mm}, so vergrössert dasselbe $\frac{196{,}5 \cdot 239 - 209 \cdot 30}{3{,}5 \cdot 30} = 387{,}5$ mal.

Ist nun die Vergrösserung des zusammengesetzten Mikroskopes als eine Function der vier Grössen f, f', d und D erkannt, von denen keine eine Veränderung erleiden darf, ohne dass erstere selbst einen anderen Werth erhält, so muss auch unmittelbar aus deren Betrachtung sich ergeben, in welcher Beziehung jene zu diesen steht. Welchen Einfluss die Distanz zwischen Objectiv und Ocular (D) auf die Vergrösserung ausübt, haben wir bereits hinreichend erörtert; es wären somit in dieser Beziehung nur noch die drei übrigen Grössen zu betrachten. Bleiben auf der rechten Seite der obigen Gleichung alle anderen Factoren ungeändert und es wird f (die Brennweite des Oculars) vergrössert oder verkleinert, so ändert sich die Vergrösserung in der Art, dass sie verringert oder erhöht wird, indem im ersteren Falle der Zähler des Bruches einen kleineren, der Nenner aber einen grösseren, im anderen Falle dagegen der Zähler einen grösseren, der Nenner einen kleineren Werth annimmt. Man kann somit die Vergrösserung des Mikroskopes steigern, wenn man ein Ocular von kürzerer Brennweite anwendet und umgekehrt. Wir treffen hier jedoch

bald auf bestimmte Schranken, welche nicht überschritten werden dürfen, da bei einem Oculare von sehr kurzer Brennweite die Krümmung eine sehr bedeutende werden muss, wodurch der Oeffnungswinkel abnimmt, das Gesichtsfeld immer mehr an Ausdehnung, das Bild selbst an Lichtstärke und Deutlichkeit verliert. Nimmt f' (die Brennweite des Objectives) ab, so wird der erste Factor $(D - f')$ des Zählers und damit der ganze Zähler grösser, das Product des Nenners hingegen kleiner. Mit einer Vergrösserung des Werthes von f' ist dagegen eine Abnahme des Zählers und eine Zunahme des Nenners gegeben. Im ersten Falle steigt die, jetzt durch das Objectiv bestimmte, Vergrösserung des Mikroskopes, im anderen Falle nimmt sie ab. Auch hier ergiebt sich für die Verkürzung der Brennweite des Objectives in der Praxis bald eine Grenze, indem erstlich bei der erforderlichen Verminderung des Linsendurchmessers Lichtstärke und Grösse des Gesichtsfeldes eine Verminderung erleiden, und dann eine zu weit gesteigerte Annäherung des Objectives an den Gegenstand unstatthaft erscheint. Bleiben endlich alle anderen Factoren der Function ungeändert und es ändert sich d (die mittlere Sehweite), so tritt mit einer Verkleinerung derselben bei gleichbleibendem Nenner eine Verkleinerung des Zählers ein, da der als Differenz erscheinende Factor $D-f'$ stets grösser bleiben muss als der Factor f ist. Die ganze Function erhält somit einen kleineren Werth, die Vergrösserung nimmt ab. Eine Vergrösserung von d hat dagegen stets eine Vergrösserung von V zur Folge. Aus dieser Erörterung leuchtet sofort ein, dass die vergrössernde Kraft ein und desselben Instrumentes, sowie ein und derselben Combination von Objectiv und Ocular nicht für alle Personen die gleiche bleiben kann, sondern dass sich dieselbe nach deren mittlerer Sehweite richten und mit derselben ändern muss. So vergrösserte die oben angenommene Combination für ein Auge, dessen mittlere Sehweite 8′ rheinisch oder 209^{mm} beträgt, 387,8 mal. Stellen wir aber dieselbe Berechnung für ein Auge auf, dessen mittlere Sehweite 250^{mm} ist, so ergiebt sich ein weit höherer Werth, nämlich 454,7 als Vergrösserungszahl.

Die mittlere Sehweite erfordert aber ausser dem soeben in Rechnung gezogenen Einfluss noch eine weitere Beachtung, da sie zugleich für die Entfernung maassgebend wird, in welcher sich das von dem Objectiv entworfene Luftbild vor dem Ocular befinden muss, wenn es durch das letztere deutlich gesehen werden soll. Hierauf beruht die Annäherung des Objectives zu, oder die Entfernung desselben von dem Gegenstande, je nachdem das Auge eine kleinere oder grössere mittlere Sehweite besitzt. Der Kurzsichtige, für dessen Auge das Luftbild näher an dem Ocular liegen muss, als es bei der normalen mittleren Sehweite der Fall sein würde, wird aus diesem Grunde das Objectiv dem Gegenstande näher zu bringen haben, damit er eine grössere Entfernung des Luftbildes von dem ersteren zu erzielen vermag, während der mit einer die normale übersteigenden mittleren Sehweite Begabte die umgekehrte Manipulation auszuführen hätte. Der Unterschied zwischen diesen Entfernungen, welche durch

einen Bruch ausgedrückt werden können, der zum Zähler das Product aus der (für das betreffende Auge berechneten) Entfernung des Bildes und der Brennweite des Objectives, zum Nenner die Differenz dieser beiden Werthe hat *), fällt indessen um so geringer aus, je kürzer die Brennweite des Objectives ist. Dies lehrt, abgesehen von der mathematischen Betrachtung, schon die tägliche Erfahrung vor dem Instrumente, indem bei Anwendung stärkerer Objective sich eine Aenderung der Einstellung für verschiedene Augen viel weniger fühlbar macht, als dieses bei schwächeren Linsen der Fall ist.

Bei den bisherigen theoretischen Erörterungen der Grundsätze, worauf das zusammengesetzte Mikroskop beruht, wurde der Einfachheit halber angenommen, dass das Auge unmittelbar über dem Oculare stehe. In der Wirklichkeit tritt dieser Fall aber niemals ein, sondern es muss das Auge in einer solchen Entfernung von dem Oculare gehalten werden, dass alle Hauptstrahlen der in dem Gesichtsfelde befindlichen Punkte sich da in dem kleinsten Raume vereinigen, wo die Pupille liegt, um sämmtlich von ihr aufgefangen werden zu können. Diese Stelle befindet sich aber da, wo sich jene Strahlen schneiden, welche gleichsam von einem leuchtenden Punkte des Objectives ausfahren und durch die Ocularlinse gebrochen werden. Ihre Entfernung, d. h. der Abstand der Pupille vom Oculare ist etwas grösser, als die Brennweite des letzteren, und kann durch Rechnung bestimmt werden, wenn man das Product aus der Entfernung der beiden Linsen und der Brennweite des Oculares durch die Differenz derselben Grössen dividirt. Bezeichnet man dieselbe mit f'' so ist:

$$f'' = \frac{D \cdot f}{D - f}.$$

Dieser Werth muss in die Rechnung eingeführt und da, wie leicht einzusehen, das scheinbare Bild um seine Grösse dem Oculare näher rückt, statt d in der Formel Seite 25 $d - f''$ gesetzt werden. Es geht dieselbe nun über in:

$$V = \frac{(D - f')(d - f'' + f) - (d - f'')f}{f \cdot f'}.$$

Dadurch nimmt aber, wie leicht ersichtlich, der Werth von V ab, d. h. die Vergrösserung des zusammengesetzten Mikroskopes ist in der Wirklichkeit geringer als die aus den oben genannten, der directen Bestimmung zugänglichen Factoren theoretisch berechnete. In unserm angeführten Beispiele würde dieselbe z. B. nur eine

$$\frac{196{,}5 \cdot 203{,}7 - 173{,}7 \cdot 30}{3{,}5 \cdot 30} = 331{,}6 \text{malige sein.}$$

Das zusammengesetzte Mikroskop in seiner einfachsten Gestalt, nur aus zwei einfachen Linsen bestehend, leidet an mancherlei Unvollkommen-

*) Die oben S. 25 eingeführte Formel $e = \frac{E \cdot f'}{E - f'}$.

heiten, deren Beseitigung nothwendig wird, wenn dasselbe seinen Zweck, als Hilfsmittel für genaue wissenschaftliche Untersuchungen zu dienen, vollständig erfüllen soll. Aus der theoretischen Betrachtung der allgemeinen Grundsätze geht zunächst hervor, dass die Fläche, in welcher das Scheinbild liegt, bedeutend gekrümmt sein und dass dieses ferner an den Rändern verzerrt und undeutlich erscheinen muss. Dann ist das Gesichtsfeld ein ziemlich beschränktes, so dass von einem einigermaassen grossen Gegenstande, namentlich bei stärkeren Linsen, nur ein verhältnissmässig kleiner Theil übersehen werden kann. Ferner besitzt das mikroskopische Bild immer einen ziemlich geringen Grad von Lichtstärke. Endlich machen sich bei ihm alle die Fehler, welche aus den beiden Aberrationen entspringen, in bedeutendem Maasse fühlbar.

Die Mittel, welche man zur Hebung der genannten Mängel in Anwendung bringt und durch welche man dieselben, namentlich während der letzten Jahrzehnte in einem früher kaum geahnten Grade, wenn auch nicht ganz zu beseitigen, doch zu vermindern und unschädlich zu machen gewusst hat, beziehen sich auf die Vollendung der beiden Haupttheile, Objectiv und Ocular, und werden wir dieselben in dem folgenden Paragraphen näher zu betrachten haben.

II. Optische Einrichtung.

1. Das Objectivsystem.

Den wichtigsten Theil des zusammengesetzten Mikroskopes bildet das Objectivsystem. Ihm müssen daher auch, soll das Instrument einen möglichst hohen Grad der Vollkommenheit erreichen, die in Betracht kommenden Verbesserungen zunächst zugewendet werden. Die verschiedenen Mängel der einfachen Linse, wie solche bei der vorstehenden Theorie des zusammengesetzten Mikroskopes der Einfachheit wegen als Objectiv angenommen wurde, sind bekannt. Ebenso ist bereits früher einiger Mittel gedacht worden, welche zur Beseitigung ihrer hauptsächlichsten Fehler, der sphärischen und chromatischen Abweichung, in Anwendung gebracht sind. Ein weiteres Mittel hierzu bietet die Verbindung von einer Sammellinse aus Kronglas mit einer Zerstreuungslinse aus Flintglas, wie sie als achromatisches Objectiv beim Fernrohr in Gebrauch ist. Diese Mittel aber reichen zur Herstellung möglichst vollkommener Objectivsysteme für das Mikroskop noch lange nicht aus. Eine so kleine Doppellinse, wie sie zu einem nur einigermaassen starken Objectiv für das Mikroskop nothwendig ist, legt ihrer vollkommenen Ausführung immer sehr bedeutende Schwierigkeiten in den Weg und bleibt deshalb noch weit mehr mit dem Fehler der chromatischen Abweichung behaftet, als dieses bei den grösseren Objectivlinsen des Fernrohres der Fall ist. Ausserdem kann bei ihr die

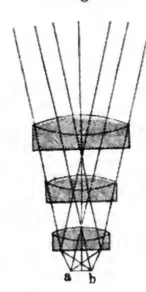
sphärische Aberration nur bis zu einem gewissen Grade gehoben werden, da die Zerstreuungslinse der Combination auf die Randstrahlen einen weit stärkeren Einfluss ausübt, als auf die nahe der optischen Hauptachse durchgehenden Strahlen. Mit solchen den Fernrohrobjectiven nachgebildeten Objectiven wäre daher bei dem Mikroskope noch sehr wenig erreicht, indem, um einigermaassen fehlerfreie Bilder zu erhalten, nur Objective von grosser Brennweite angewendet werden dürften und man die zu erzielende Vergrösserungskraft vorzugsweise in das Ocular verlegen müsste. Sie werden daher immer nur für die schwächsten Vergrösserungen verwendet werden dürfen, wie dies denn auch ihrer grossen Lichtstärke wegen von einzelnen Optikern noch geschieht.

Um vollkommene Objective von stärkerer und stärkster Vergrösserungskraft herzustellen, muss man zu dem zuerst von Selligue und Amici und seitdem von allen Optikern mit Erfolg angewendeten Mittel greifen und die einzelnen achromatischen Doppellinsen zu mehreren, zu einem Systeme verbinden.

In der Regel bestehen die schwächeren und mittleren Systeme aus drei solcher Doppellinsen, und es werden diese aus je einer planconcaven Flintglaslinse und einer doppeltconvexen Kronglaslinse gebildet, welche mittelst einer dünnen Schicht Canadabalsams miteinander vereinigt werden. Bei sehr starken und vollkommenen Systemen der besten Werkstätten bildet indessen häufig die vordere Linse eine dreifache Combination aus zwei planconvexen Kronglaslinsen mit einer planconcaven Flintglaslinse in der Mitte, die mittlere eine Doppellinse aus einer doppeltconvexen Kron- und einer doppeltconcaven Flintglaslinse, während die hinterste wieder eine dreifache Combination aus zwei doppeltconvexen Kronglaslinsen und einer doppeltconcaven Flintglaslinse vorstellt.

Bei der Verbindung der einzelnen Linsencombinationen unter sich bringt man dieselben in solcher Ordnung hintereinander, dass die kleinste d. h. stärkste dem Gegenstande zugewendet wird. Dadurch rückt einmal der Brennpunkt etwas weiter von dieser vordersten Linse hinweg und dann gewinnt das ganze System an Grösse der Oeffnung und folglich an Helligkeit, sowie an dem Vermögen, sehr zarte Structurverhältnisse sichtbar zu machen, welche Eigenschaft man als auflösendes Vermögen bezeichnet. Bei dieser Anordnungsweise kann man nämlich die Oeffnungen der hintereinander zu stehen kommenden Linsencombinationen in ein solches Verhältniss bringen, dass, wie Fig. 23 zeigt, alle auf die vorderste Linse treffenden Lichtstrahlen ohne Verlust wieder aus der hintersten Linse austreten. Im umgekehrten Stellungsverhältnisse dagegen würden die von der vorderen, grösseren Linse durchgelassenen Strahlen an den dahinter befindlichen Linsen von kleinerem Durchmesser zum Theil vorbei und für das Luftbild verloren gehen.

Fig. 23.



Um jedoch durch die Gesammtwirkung von Objectiv und Ocular welches letztere bei der gewöhnlich angewendeten Einrichtung etwas unterverbessernd wirkt, die Verbesserung namentlich der chromatischen Abweichungen auf einen möglichst hohen Grad zu bringen, darf bei der Herstellung der Objectivsysteme das Bestreben nicht dahin gehen, dieselben möglichst aplanatisch zu machen, sondern es muss eine Ueberverbesserung statthaben. Man befolgt daher, wie die von mehreren Seiten ausgeführte Untersuchung der Objectivsysteme unserer tüchtigsten Optiker darthut, jetzt allgemein die von Lister (Philosophical Transactions 1829) angegebene Regel und fängt mit der vordersten Linse einen unterverbesserten Lichtbündel auf, welcher durch die beiden folgenden Combinationen soweit überverbessert werden muss, dass die vollständige Aplanatisirung erst durch das hinzukommende Ocular herbeigeführt wird. Die dem Zwecke entsprechende Entfernung zwischen den einzelnen Linsencombinationen aufzufinden, ist, da die theoretisch geführte Berechnung zwar Anhaltspunkte geben, bei so kleinen Linsen aber die Art und Weise ihrer Verbindung zu einem Systeme nie ganz genau bestimmen kann, vorzugsweise Sache des Versuchens. Dieses muss denn auch so lange fortgesetzt werden, bis der Optiker die höchste zu erzielende Wirkung erreicht zu haben glaubt, worüber ihm seine Probeobjecte, mit denen er natürlich aufs Genaueste bekannt sein muss, die erforderlichen Anhaltspunkte an die Hand geben. Aus diesem Grunde erklärt sich denn auch die Verschiedenheit, welche immer zwischen den Objectivsystemen gleicher Nummer aus derselben Werkstätte herrscht, ohne indessen einen merklichen Grad erreichen zu dürfen, der auf die Beobachtung von Einfluss sein könnte.

Durch die beschriebene Verbindung von einzelnen für sich allein noch immer mangelhaft wirkenden Linsencombinationen zu Systemen erreicht man mancherlei Vortheile, die sich hauptsächlich in Folgendem zusammenfassen lassen:

Erstens ist man durch die Vereinigung von schwächeren achromatischen Linsen, die sich verhältnissmässig weit leichter und mit grösserer Genauigkeit herstellen lassen, als dies bei einzelnen Combinationen von kurzer Brennweite der Fall ist, im Stande, auf eine weit leichtere Weise Objective von kurzer Brennweite und starkem Vergrösserungsvermögen herzustellen. Es kann demzufolge die Vergrösserung des Mikroskopes zum grössten Theile in die Objective verlegt werden, und es fällt für die höheren Vergrösserungen die Anwendung starker Oculare weg, welche immer mit bedeutenden Nachtheilen für das mikroskopische Bild verbunden ist.

Zweitens kann man dadurch den in den achromatischen Linsen noch vorhandenen Rest von Abweichung auf den möglichst geringen Grad herabdrücken, indem bei gehörig geregelter Entfernung der Fehler einer Linse durch den entgegengesetzt wirkenden der anderen aufgehoben wird.

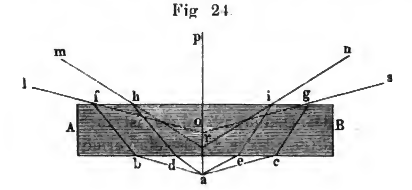
Drittens kann man einem solchen Systeme mit möglichst vollkommener Verbesserung der beiden Abweichungen einen weit grösseren Oeffnungswinkel geben, als dies bei einer einzelnen achromatischen Linse möglich ist. Damit nimmt aber bei gleicher Deutlichkeit und Schärfe des Bildes die Lichtstärke, sowie das Vermögen, feinere Structurverhältnisse des Objectes sichtbar zu machen, in hohem Maasse zu, während zugleich der brauchbare Theil des Gesichtsfeldes an Ausdehnung gewinnt. Auf diese Vergrösserung des Oeffnungswinkels ist in neuerer Zeit vorzugsweise hingearbeitet und damit das auflösende Vermögen der stärkeren Objective sehr erhöht worden. In vielen Fällen ist man aber hierin zu weit gegangen, was von mancherlei Nachtheilen begleitet war, die durch den erreichten Vortheil nicht aufgewogen werden können. Für ein zu histiologischen Untersuchungen brauchbares Objectivsystem ist daher immer ein solcher Grad des Oeffnungswinkels in Betracht zu nehmen, dass dadurch einer scharfen Begrenzung, einer möglichst hohen Farbenfreiheit, sowie der Uebersichtlichkeit des Bildes auch nicht der geringste Eintrag geschieht. Von den Objectivsystemen mit sehr grosser Oeffnung kenne ich nur wenige, welche dieser Forderung vollkommen entsprechen. Dagegen sind im Allgemeinen unsere besseren deutschen starken Objective mit mässigerem Oeffnungswinkel zu allen Beobachtungen vollständig geeignet.

Fünftens endlich verliert sich bei den Systemen die Krümmung des Gesichtsfeldes mehr und mehr, und gewähren dieselben eine in den Central- und Randtheilen des Gesichtsfeldes mehr gleichmässige Vergrösserung des Objectes, indem in ihnen die Brechung der Lichtstrahlen auf mehrere minder gekrümmte Oberflächen vertheilt wird.

Einfluss des Deckglases und die Hebung desselben. — Je weitere Fortschritte man nach und nach in der Vervollkommnung der Objective, namentlich aber in der Verbesserung der Abweichungen und in der Vergrösserung des Oeffnungswinkels machte, desto mehr musste sich namentlich bei den stärkeren Objectivsystemen der früher unbeachtete schädliche Einfluss der Deckgläser auf die Schärfe und Reinheit des Bildes äussern. In Folge dieses Einflusses erscheinen die Bilder solcher Objective, welche mit Rücksicht auf unbedeckte Probeobjecte hergestellt wurden, mit nicht unbedeutenden Abweichungsfehlern behaftet, sobald man mit einer dünnen Glasplatte bedeckte Objecte mittelst derselben beobachtet. Derselbe Fehler tritt ein, wenn man solche Objectivsysteme, die unter Benutzung eines Deckglases von bestimmter Dicke construirt wurden, zur Beobachtung unbedeckter oder mit Deckgläsern von abweichender Dicke bedeckter Objecte verwendet. Den Grund dieser Erscheinung, zu deren näherer Erläuterung die nachfolgende Betrachtung dienen soll, haben wir in der Brechung der Lichtstrahlen durch eben- und parallelflächige Glasplatten zu suchen.

In Fig. 24 ist *AB* der Durchschnitt einer ebenen Glastafel, hinter welcher sich, nahe an ihrer unteren Fläche, der leuchtende Punkt *a* befindet.

Fig 24.



Von diesem Punkte aus treffen die Strahlen *ab*, *ac*, *ad*, *ae* auf die ebene Fläche. Der senkrecht auffallende Strahl *ap* geht in gleicher Richtung weiter, die vier übrigen dagegen werden von ihrer ursprünglichen Richtung um so weiter abgelenkt, je schiefer sie die Glastafel treffen. Sie nehmen in dem Glase die Richtungen *bf*, *cg*, *dh*, *ei* an und gehen nach ihrem Austritte in die Luft in den Richtungen *fl*, *gs*, *hm*, *in* weiter. Die am schiefsten auffallenden Strahlen *ab* und *ac* scheinen daher nach ihrem Durchgange durch die Glastafel ihren Vereinigungspunkt in *o*, die näher an der Achse liegenden in *r* zu haben, wie aus der rückwärtsgehenden Verlängerung der austretenden Strahlen erhellt. In Folge dessen stellt sich der Punkt *a* bildlich als eine Reihe von unendlich vielen in der Achse *ap* übereinanderliegenden Punkten dar, von denen der der oberen Fläche zunächst gelegene von den am schiefsten auffallenden Strahlen gebildet wird und umgekehrt. Denken wir uns an der Stelle des einzelnen Punktes einen leuchtenden Gegenstand, so wird von demselben eine Schicht übereinanderliegender, sich deckender Bilder entstehen, welche um so dicker wird, je mehr die Glasplatte an Dicke zunimmt. Wir haben hier also ganz dieselbe Erscheinung, welche wir bei den Linsen als sphärische Abweichung kennen lernten. In welcher Weise das Deckglas in Verbindung mit dem Objectivsysteme wirkt, wird leicht verständlich, wenn wir ins Auge fassen, dass jedes einzelne der durch die Anwendung des Deckglases hervorgerufenen Abweichungsbilder nach dem Durchgange der von ihm ausfahrenden Lichtbündel durch das Objectivsystem selbst wieder in Reihen von übereinanderliegenden Bildern zerlegt wird. Dadurch wird nun allerdings in der relativen Lage der Luftbilder keine Aenderung veranlasst, aber es wird der Abstand der beiden Grenzbilder vergrössert. Es tritt also in sphärischer Beziehung in gewissem Grade eine Ueberverbesserung ein, welche immer einen nicht unbedeutenden nachtheiligen Einfluss auf die Deutlichkeit der mikroskopischen Bilder äussert. Ist ein Objectivsystem für ein nicht bedecktes Object eingerichtet, so muss dessen Verbesserung durch den Einfluss des Deckglases natürlich eine Störung erleiden, welche mit der Dicke des letzteren an Grösse zunimmt. Ganz in

gleicher Weise wird sich aber auch ein Deckglas geltend machen, welches in seiner Dicke von demjenigen abweicht, das bei der Construction des betreffenden Objectivsystemes von dem Optiker benutzt wurde. Amici beobachtete diesen Einfluss des Deckglases zuerst und zwar schon im Jahre 1829. Später, im Jahre 1837, wurde derselbe auch von dem englischen Optiker A. Ross wahrgenommen, ohne dass derselbe, wie es scheint, von Amici's Entdeckung Kenntniss genommen hatte. Ersterer sucht diesem Mangel dadurch abzuhelfen, dass er von den stärkeren Objectivsystemen seinen Mikroskopen stets einige beigiebt, welche bei ziemlich gleichem vergrössernden Vermögen mittelst Abänderung in dem wechselseitigen Abstande der einzelnen Linsen so eingerichtet werden, dass sie entweder mehr oder weniger stark überverbessert oder unterverbessert sind und nur ohne Deckglas oder in Verbindung mit einem Deckglase von bestimmter Dicke ein fehlerfreies Bild gewähren. So sind z. B. bei einem Instrumente, welches ich Gelegenheit hatte näher kennen zu lernen, drei Objectivsysteme vorhanden, welche bei einer 333-, 375- und 360maligen, also ziemlich gleichstarken Vergrösserung, das erstere zur Beobachtung eines unbedeckten Gegenstandes, das andere für die Benutzung eines Deckglases von $^{1}/_{2}$, das dritte für die eines solchen von 1^{mm} Dicke eingerichtet sind. Bei den neueren Instrumenten ist die Serie III. der Objectivsysteme für die Beobachtung unbedeckter Gegenstände, die Serie IV. für den Gebrauch eines $1{,}1^{mm}$ dicken Deckglases bestimmt, und die dadurch erzielten Vergrösserungen sind einander fast gleich. Einen ganz anderen Weg schlug A. Ross ein, der seither von den englischen Optikern sowohl, als auch von Nachet, Hartnack, Nobert und Hasert mit geringen Abweichungen in der optischen und mechanischen Einrichtung befolgt wird. Diese Optiker richten nämlich, mit Ausnahme von E. Hartnack, der die hinterste Linse beweglich macht und die beiden vorderen in eine unveränderliche Entfernung bringt, ihre Systeme so ein, dass die vordere Linse beweglich ist und der Beobachter es in der Gewalt hat, die wechselseitige Entfernung zwischen der ersten und den beiden andern, fest mit einander verbundenen Linsen so abzuändern, wie es die — zwischen gewissen Grenzen eingeschlossene — Dicke des zur Anwendung kommenden Deckglases erfordert. Wie hierdurch die erzielte Verbesserung erreicht werden kann, möge folgende Betrachtung lehren. Wir wissen bereits aus Früherem, dass man in der Regel mittelst der vordersten Linsencombination einen unterverbesserten Lichtbündel auffängt, der durch die beiden anderen Linsen des Systemes überverbessert wird. Ist das System nur für ein unbedecktes Object eingerichtet, so muss, wenn ein bedeckter Gegenstand betrachtet werden soll, eine Correction eintreten. Die Unterverbesserung der vordersten Doppellinse wird nämlich durch das Hinzukommen einer Glasplatte, welche in gewissem Maasse überverbessernd wirkt, theilweise aufgehoben und kann nur dadurch wieder auf den früheren Grad ihrer Stärke zurückgebracht werden, dass man die unterste Linse den beiden übrigen Linsen mehr nähert.

Je näher nämlich die erste Linse den festverbundenen beiden anderen zu stehen kommt, desto grösser muss der Abstand zwischen Objectiv und Gegenstand werden und desto stärker werden in Folge dessen die von dem letzteren ausgehenden Lichtstrahlen gebrochen. Die unterverbessernde Wirkung der vordersten Linse wird dadurch gegen früher in gewissem Maasse verstärkt und hebt so den von dem Deckglase ausgehenden gegentheiligen Einfluss wieder auf. Ist dagegen die Correction für ein Deckglas von bestimmter Dicke gemacht und es sollte nun ein Gegenstand beobachtet werden, der unbedeckt wäre, so würde der umgekehrte Fall eintreten und es müsste die vorderste Linse von den beiden übrigen entfernt werden, um ihre für diesen Fall zu starke unterverbessernde Wirkung zu beschränken. Aus dieser Auseinandersetzung leuchtet auch zugleich ein, wie die Entfernung zwischen der vorderen und den beiden übrigen Linsen geändert werden muss, wenn Deckgläschen von verschiedener Dicke gebraucht werden sollen. Bei einem dickeren Deckglase hat man dieselbe zu verringern, bei einem dünneren zu vergrössern.

Beide Methoden, die von Amici angewendete sowohl, als die zuletzt besprochene, entsprechen ihrem Zwecke gleich vollkommen. Auch der dabei in Betracht kommende Kostenpunkt wird sich nach meinen Erfahrungen bei beiden auf gleiche Höhe stellen. Die Amici'sche Einrichtung möchte vor der andern nur den Vortheil voraus haben, dass sie namentlich dem noch weniger geübten Beobachter Zeit erspart, indem derselbe schneller einen Wechsel der Objective als eine vollkommen genügende Correction vollzogen haben wird. Ist man aber erst einmal mit der Handhabung seiner Objective und deren Verhalten zu den in Betracht kommenden Dickenunterschieden der Deckgläser recht vertraut, so möchte in dieser Beziehung kaum ein Unterschied sein.

Dass die Einwirkung der Dicke des Deckglases von grossem Einfluss auf die Vollkommenheit des mikroskopischen Bildes ist, unterliegt nicht dem geringsten Zweifel und verdient gewiss die sorgfältigste Beachtung von Seiten des Optikers sowohl als des Beobachters. Ob aber die erwähnten Einrichtungen zu deren Beseitigung von so erheblicher Wichtigkeit und so unumgänglich nothwendig sind, wie man von manchen Seiten glaubt, ist eine andere Frage. Nach meinen eigenen Erfahrungen — und ich beschäftige mich seit etwa 14 Jahren fast täglich Stunden lang mit mikroskopischen Untersuchungen — glaube ich dafür halten zu dürfen, dass man im Allgemeinen deren Werth für den praktischen Beobachter überschätzt hat. Zwar gebrauche ich selbst Objective mit Verbesserungseinrichtung, aber eben nur deshalb, weil mir nicht optisch gleich vollkommene von einfacher Construction zu Gebote standen. Was zunächst die Bequemlichkeit in Betreff der Anwendung dickerer Deckgläser angeht, so halte ich dieselbe mindestens zum Theil für illusorisch. Nur bei den Objectiven mittlerer Stärke ist die Anwendung von Deckgläsern statthaft, deren Dicke $^1/_2$ bis 1^{mm} beträgt. Bei den stärkeren und stärksten muss man ohnehin seine

Zuflucht wieder zu den dünneren Deckgläsern nehmen, deren Dicke bei Anwendung verschiedener der stärkeren Systeme von Amici zwischen $^1/_3$ bis $^1/_5$^{mm}, bei Nobert's stärksten Systemen von circa 1,4^{mm} Brennweite zwischen $^1/_3$ bis $^1/_5$^{mm} — doch so, dass nur bei ersterer Dicke die beste Wirkung erzielt wird — bei den stärksten englischen Systemen aber zwischen $^1/_4$ bis $^1/_8$^{mm} schwanken darf. Es würde daher weit zweckmässiger sein, die Objectivsysteme etwa von 3,5 bis 3^{mm} Brennweite an bis zu den stärksten, die ja zur Beobachtung unbedeckter Objecte ohnehin gar nicht oder nur in beschränktestem Maasse Anwendung finden können, für Deckgläser einzurichten, deren Dicke $^1/_4$ bis $^1/_5$^{mm} beträgt. Solche Deckgläser stehen jetzt jedem Beobachter zur Verfügung und wer sich überhaupt mit feineren histiologischen Untersuchungen beschäftigen will, der muss so viele Handfertigkeit und Sicherheit besitzen, dass er nicht mit jedem Striche des Wischtuches sein Deckglas zerbricht. So wäre man beim Wechseln der Objective des Wechselns mit den Deckgläsern, oder bei festgehaltenem Deckglase der fortwährenden Objectivcorrecturen gänzlich überhoben, und damit dem Mikroskopiker Mühe und Zeit erspart, die weit vortheilhafter auf die Beobachtung selbst verwendet werden können. Endlich fällt der Preis eines einfachen Objectivsystemes, wie die einfache Vergleichung der Preislisten nachweist, mehr als um die Hälfte billiger aus, ein Umstand, der ebenfalls der Berücksichtigung werth erscheint.

Man könnte mir nun allerdings entgegenhalten, dass man bei dem Austausch und Kauf von mikroskopischen Objecten es nicht immer in der Gewalt habe, die Dicke des Deckglases in dem gewünschten Maasse zwischen die gebotenen Grenzen einzuschliessen. Zum Theil mag dieser Einwand zur Zeit noch begründet sein. Einerseits lässt sich aber in dieser Beziehung — wie es in der That auch schon versucht und ausgeführt ist — die erforderliche Uebereinstimmung erzielen. Andererseits ist die Differenz zwischen den für die zarteren Präparate von den verchiedensten Seiten angewendeten Deckgläsern kaum mehr von Belang. Ich wenigstens besitze neben meinen eigenen, mit einem Deckglase von circa $^1/_5$^{mm} belegten Präparaten eine Reihe von Objecten, die ich theils aus London und aus Paris bezogen, theils von befreundeter Hand erhalten habe, bei denen in der Dicke der Deckgläser ein so geringer Unterschied vorhanden ist, dass ich sie sämmtlich mit meinen für ein Deckglas von $^1/_5$^{mm} corrigirten Systemen von 2 bis 1,3^{mm} Brennweite beobachten kann, ohne dass, wie ich mich durch genaue vergleichende Versuche überzeugt habe, bei gleicher Beleuchtung der geringste Unterschied in dem optischen Vermögen und in der Schärfe und Deutlichkeit des Bildes bemerklich würde. Nur bei den stärksten Systemen findet eine Abweichung statt, indem für diese bei gleicher Dicke des Deckglases eine Aenderung in der Entfernung der Linsen, resp. eine Annäherung derselben sich als sehr vortheilhaft erweist, sobald man schiefes Licht anwendet. Dies gilt aber wieder nur für die allerschwierigsten Objecte, wie die letzten Gruppen der Nobert'schen Platte, Grammatophora subtilissima etc., während bei

minder schwierigen Objecten ein Einfluss der veränderten Richtung der Lichtstrahlen sich kaum fühlbar macht.

Eintauchsysteme (Wasserlinsen, Stipplinsen). — Noch muss ich eines Versuches gedenken, der in neuester Zeit von Amici (1850) und dann auch von E. Hartnack (1859) mit Erfolg angewendet wurde, um die Vollkommenheit der Objective zu erhöhen. Es ist dies die Einrichtung, dass die vorderste Linse beim Gebrauch in Wasser getaucht wird, so dass zwischen ihre Vorderfläche und das Deckglas eine dünne, von parallelen Flächen begrenzte Wasserschicht zu liegen kommt. Dadurch wird zunächst, da die Wasserschicht gleich einem dickeren Deckglase wirkt und eine stärkere Annäherung der beiden vordersten Linsen nöthig macht, die Brennweite verkürzt und die Vergrösserung erhöht, während der Abstand der unteren Linse von der Oberfläche des Deckglases zunimmt und den Gebrauch einer dickeren Sorte der letzteren gestattet. Zweitens werden bei veränderter Deckglasdicke weit geringere Aenderungen in der gegenseitigen Stellung der Linse nothwendig gemacht, da die Wasserschicht und das Deckglas vereint wirken. Endlich aber, und hierin besteht der erheblichste Gewinn, nimmt dadurch die Lichtstärke und das auflösende Vermögen zu, ohne dass die Correctionen die mindeste Störung erleiden. Durch die zwischenliegende Wasserschicht, als einem in seinem Brechungsvermögen weniger von dem Glase verschiedenen Medium, als die Luft, wird nämlich erstlich die Zurückwerfung der Lichtstrahlen an der vordersten Linsenfläche sowie an der Oberfläche des Deckglases fast vollkommen beseitigt, und dann gelangen eine beträchtliche Menge von Lichtstrahlen, die nach ihrem Durchgange durch das Deckglas und nach der durch den Austritt in die Luft hervorgerufenen Ablenkung an dem Objective vorübergegangen wären, noch auf dasselbe. Es tritt sonach dasselbe Verhältniss ein, als ob man den Oeffnungswinkel vergrössert hätte. Diese Einrichtung ist sonach namentlich in Betracht der schwierigsten physiologischen Untersuchungen ein wirklicher Fortschritt, wie mich die Benutzung meiner Hartnack'schen Systeme täglich mehr überzeugt. Ich habe, die englischen nicht ausgenommen, kein Objectivsystem kennen gelernt, was diese an Lichtstärke, an Freiheit von Aberrationserscheinungen, an auflösendem und begrenzendem Vermögen, sowie an Klarheit und Schönheit des Bildes überträfe.

Die Anwendung dieser Systeme erfordert allerdings Vorsicht bei der Behandlung, indem man Sorge dafür tragen muss, dass man nur ganz reines destillirtes Wasser anwendet und dass die vorderste Linse immer wieder gut abgewischt wird. Auch ist dafür zu sorgen, dass bei dem Gebrauche das störende Auftreten von etwa in der zwischenliegenden Wasserschicht erscheinenden Luftblasen möglichst abgehalten wird, um nicht auf deren Beseitigung längere Zeit verwenden zu müssen. Hierauf werden wir später, wenn von dem Gebrauche des Mikroskopes die Rede ist, noch einmal zurückkommen.

Die mechanische Einrichtung der Objective anlangend, haben wir die Art ihrer Fassung, die Verbindung der einzelnen Doppellinsen zu Systemen, die Verbesserungseinrichtung für verschieden dicke Deckgläschen und endlich die Art und Weise, wie dieselben mit dem Stative verbunden werden, näher ins Auge zu fassen.

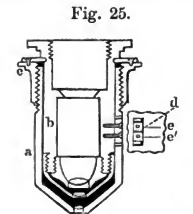
Fassung der Objectivsysteme. — Die Fassung wird bekanntlich von Messingröhrchen gebildet und hat man dabei vorzugsweise darauf zu sehen, dass die einzelnen Doppellinsen sowohl als auch die zu Systemen vereinigten, hintereinanderstehenden Linsen genau centrirt, d. h. so angeordnet werden, dass die optischen Mittelpunkte derselben genau in eine gerade Linie fallen. Andernfalls erleidet das Bild immer, selbst bei einem auch nur unbedeutenden Fehler gegen die genaue Centrirung, eine Verzerrung und nimmt an Nettigkeit und Reinheit ab. Die genaue Centrirung ist bei der Kleinheit der Linsen, welche zu den Objectiven der Mikroskope verwendet werden, immerhin, selbst bei den einfacheren Systemen, eine sehr schwierige Aufgabe und bedarf, um in befriedigendem Grade erreicht zu werden, grosser Geduld des Verfertigers. Noch weit grösser aber wird dieselbe bei den Systemen mit Verbesserungseinrichtung, bei denen die bewegliche Doppellinse ihre relative Lage zu den feststehenden bei jeder Aenderung des Abstandes wechselt.

Die Vereinigung der einzelnen Objective der Doppellinsen zu Systemen geschieht nach zwei verschiedenen Methoden. Nach der einen, zugleich älteren, welche noch gegenwärtig von Schiek, Wappenhans u. A. ganz, von Plössl und Nobert bei Herstellung der schwächeren Objectivsysteme befolgt wird, erhält das Mikroskop eine Anzahl einzelner Objective, welche ihrer Stärke nach mit der Nummer 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 etc. bezeichnet werden, beigegeben. Diese werden dann in folgenden Reihen aufeinandergeschraubt benutzt: 1, 1 + 2, 1 + 2 + 3, 2 + 3 + 4, 3 + 4 + 5, 4 + 5 + 6 u. s. f., so dass also bei einem derartig eingerichteten Mikroskope ebenso viele Combinationen möglich sind, als die Anzahl der einzelnen Doppellinsen beträgt. Bietet nun diese Methode in Betreff der Zahl der einzelnen, zu einem bestimmten Mikroskope erforderlichen Linsen und dem damit zusammenhängenden Preise des Instrumentes einen gewissen Vortheil, so leidet sie doch an mancherlei Unzulänglichkeiten, welche sie weniger empfehlenswerth erscheinen lassen als die folgende. Erstlich hat man beim Vertauschen eines schwächeren mit einem stärkeren Objectivsysteme nicht allein die ganze in Gebrauch gewesene Combination von dem Rohre loszuschrauben, sondern es muss auch noch, wie aus den oben angegebenen Combinationsreihen ersichtlich ist, die vorderste Linse ab- und dafür eine neue Linse hinten aufgeschraubt werden. Hiermit ist natürlich immer ein nicht unbedeutender Zeitverlust verbunden. Bei dem Auseinander- und Wiederaufschrauben der einzelnen Linsen kann es geschehen, dass eine Schraube nicht ganz vollkommen angezogen, die betreffende Linse also nicht ganz in ihre bestimmte Stellung

zu der anderen kommt, woraus leicht Fehler in der Centrirung des Systemes hervorgehen, wenn nicht jede Linse für sich, sowie in Rücksicht auf die übrigen möglichst genau centrirt ist, was nicht immer ganz vollkommen erreicht wird. Lässt sich ein solcher Fehler auch nach gehöriger Untersuchung der Combination leicht verbessern, so raubt Untersuchung und Verbesserung doch nicht wenig Zeit. Endlich ist es selbst bei der sorgsamsten Arbeit doch kaum möglich, Systeme von solcher optischen Vollkommenheit herzustellen, als dies der Fall ist, wenn die einmal mit einander verbundenen, den besten Erfolg bedingenden Linsen als ein feststehendes Ganzes miteinander verbunden bleiben. Aus diesen Gründen haben denn auch solche Optiker, welche, wie Plössl und Nobert ihre schwächeren Systeme nach dieser Methode zusammenstellen, dieselbe, sobald sie stärkere Systeme, wie das System *abc* von Plössl und das $^1/_8$ und $^1/_{14}$ von Nobert herstellten, verlassen und sich der anderen Methode zugewendet. Diese zuerst von Oberhäuser, Amici und den englischen Optikern angewendet, geht darauf hinaus, dass die zusammengehörigen Linsen ein- für allemal zu einem festen Systeme vereinigt werden und hat gegenwärtig mit wenigen Ausnahmen allgemeinen Eingang gefunden. Erhöht sich auch bei dieser Methode die Anzahl der einzelnen zu einem Mikroskope gehörigen Doppellinsen und damit dessen Preis um etwas, so wird dies doch mehr als aufgewogen durch die Vollkommenheit der Systeme und den Zeitgewinn beim Wechseln der Vergrösserungen, sowie namentlich durch den Umstand, dass mit solch vollkommenen Systemen weit stärkere Oculare verbunden werden können, was in vielen Beziehungen mit nicht unerheblichem Gewinn verbunden ist. Man braucht nur einmal zwei nach den verschiedenen Methoden gebaute Instrumente zu vergleichen, um sich von letzterer Thatsache auf das Entschiedenste zu überzeugen.

Die Verbesserungseinrichtung wegen verschiedener Dicke der Deckgläschen beruht im Wesentlichen darauf, dass die Fassung der vordersten oder der hintersten Linse beweglich ist und über die Röhre, welche die mittlere und hintere oder vordere und mittlere Linse enthält, gleitend hinweggeführt werden kann. Beide Methoden, so verschieden sie auch erscheinen, laufen doch wesentlich auf ein- und dasselbe Ziel hinaus, und es lässt sich dasselbe bei ziemlich gleichartiger mechanischer Ausführung erreichen.

Fig. 25.

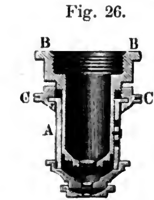


Die eine, zuerst von A. Ross eingeschlagene, auf dem Continente von Nachet, Hasert und Plössl befolgte Methode möge nebenstehende Durchschnittszeichnung eines Ross'schen Systemes mit Verbesserungseinrichtung (Fig. 25) erläutern. *a* ist die Röhre, welche die vordere, *b* diejenige, welche die fest mit einander verbundenen mittlere und hintere Linse enthält. Die erstere

gleitet über die letztere in der Art hin, dass deren höchster und niederster Stand durch das an diese festgeschraubte Stück *d* bestimmt wird, welches sich in dem in die Röhre *a* geschnittenen Ausschnitte auf und ab bewegt. Die gleitende Bewegung wird durch den Ring *c* vermittelt. Dieser trägt am unteren Ende eine Schraubenmutter, welche in das auf die Röhre *a* geschnittene Gewinde greift. Am oberen Ende desselben befindet sich dann ein ringförmiger Vorsprung, der in einer auf der Röhre *b* befindlichen Rinne läuft. Wird nun der Schraubenring *c* gedreht, so hebt und senkt sich derselbe sammt dem ringförmigen Vorsprunge, der an der Röhre *a* die gleiche auf- und abgleitende Bewegung hervorbringt. So kann je nach Bedürfniss die vordere Linse den beiden übrigen genähert, oder von denselben entfernt werden.

Bei den Hartnack'schen Systemen mit Verbesserungseinrichtung (Fig. 26) gleitet die Röhre *A*, welche die beiden vorderen fest mit einander verbundenen Linsen trägt, ebenfalls über die Röhre *B*, in welche die hinterste Linsencombination eingeschraubt ist. Der Ring *C*, vermittelst dessen die Correction vorgenommen wird, hat oben eine Schraubenmutter, welche in das auf der Röhre *B* eingeschnittene Gewinde greift; unterhalb der Schraubenmutter befindet sich dagegen eine Ringfurche, in welche ein Vorsprung der äusseren Röhre *A* so passt, dass sich der Ring *C* mittelst der Furche ohne Reibung über ihn wegbewegen kann. Durch die Umdrehung des Ringes wird nun die äussere Röhre je nach der Richtung der Drehung gehoben oder herabgedrückt und damit die beiden vorderen Linsen der hinteren genähert oder von derselben entfernt. Die Wirkung bleibt in Bezug auf die Aufhebung des Einflusses der Deckglasdicke zwar im Ganzen dieselbe, wie bei den nach englischer Weise eingerichteten Systemen; doch unterscheiden sich die Hartnack'schen Linsen in optischer Beziehung wesentlich, indem sowohl die Verbesserung der beiden Abweichungen und damit die Begrenzung und Farbenfreiheit, als auch die Grösse des Oeffnungswinkels und in Folge dessen das Auflösungsvermögen durch diese Art der Linsenverbindung bei den verschiedenen von der Deckglasdicke bedingten Stellungen weit weniger verändert werden, was als ein nicht wenig ins Gewicht fallender Vorzug zu betrachten ist.

Fig. 26.



Höchst einfach ist die von Hasert angewendete Verbesserungseinrichtung. Dieselbe besteht einfach darin, dass die unterste Linse losgeschraubt, also von den beiden hinteren entfernt werden kann, wenn ein dünneres als normales Deckglas zur Anwendung kommt. Dies setzt indessen eine sehr vorzügliche Centrirung der einzelnen Linsen voraus, indem durch die Correction stets die relative Lage der vorderen Linse gegen die übrigen geändert wird und offenbar Fehler in den mikroskopischen Bildern erscheinen müssen, wenn jene nicht ganz vollkommen ist.

Verbindung der Objectivsysteme mit der Mikroskopröhre. — Die Verbindung der Objectivsysteme mit dem Mikroskopkörper wird jetzt allgemein mittelst der Schraube bewerkstelligt. Die von Chevalier zuerst angewendete, von Harting neuerdings empfohlene Bajonettverbindung ist hierzu, wie schon Mohl bemerkt hat, ganz und gar nicht geeignet, da dieselbe leicht der Ausnutzung unterworfen ist, wodurch leicht ein Schlottern entsteht, was gerade hier von sehr nachtheiliger Wirkung sein müsste. In dieser Beziehung wäre nur zu wünschen, dass deutsche Optiker dem Beispiele der englischen folgten und die gleiche Schraube für ihre Objectivsysteme annähmen, um diejenigen des einen Meisters an dem Instrumente eines anderen sofort gebrauchen zu können. Wie erwünscht dieses für den praktischen Mikroskopiker wäre, geht aus der Erfahrung hervor, dass die Objective aus der einen Werkstätte diesen, die aus einer anderen jenen Vorzug in ihren optischen Leistungen besitzen. Freilich müsste dann auch die noch heute von einigen unserer tüchtigsten Optiker beibehaltene engherzige Gewohnheit fahren gelassen werden, ihre Objectivsysteme nicht einzeln, sondern nur mit ihren Stativen zu verabfolgen.

2. Das Ocular.

Soll das Ocular in Verbindung mit dem gegenwärtig in hohem Grade vervollkommneten Objectivsysteme die beste Wirkung hervorbringen, so muss auch ihm eine dem Zwecke des ganzen optischen Apparates möglichst entsprechende Einrichtung gegeben werden. Dass in dieser Beziehung die einfache Linse nicht genügen kann, ist natürlich. Denn selbst wenn man Linsen der besten Form anwenden wollte, würde der Erfolg doch nicht das erstrebte Ziel erreichen. In Folge der nothwendigen starken Krümmung der Linsenoberflächen, namentlich einigermaassen stark vergrössernder Linsen, müsste die Oeffnung derselben bedeutend verkleinert werden und es könnte nur ein sehr kleiner Theil des von dem Objective entworfenen Bildes übersehen werden. Ferner würde eine einfache Linse keineswegs genügen, um die an dem Objectivbilde haftenden Abweichungserscheinungen zu verbessern. Dies hatte man denn auch schon früh erkannt und sich, wie die Geschichte des Mikroskopes nachweist, bemüht, gerade dem Ocular eine grössere Vollkommenheit zu verschaffen.

Das Collectiv. — Das Mittel, welches dem beabsichtigten Zwecke möglichst vollkommen entspricht, ist die Einschiebung einer Linse zwischen Objectiv und Ocular in solcher Entfernung von beiden, dass das durch ihre Vermittlung entstehende Luftbild zwischen ihrer Fläche und der Stelle entsteht, wo das unmittelbar von dem Objectiv entworfene

Luftbild sich befinden würde. Zwar gehört diese Linse eigentlich zu dem Objective, mit welchem sie bei der Entstehung des objectiven Bildes zusammenwirkt. Da aber die erzielte Wirkung auch wiederum durch ihr Zusammenwirken mit dem Oculare erreicht wird und man beide Linsen sowohl aus optischen Gründen, als aus Bequemlichkeitsrücksichten beim Wechseln der Oculare in fester Verbindung mit einander — unter dem Collectivnamen Ocular — benutzt, so kann dieselbe füglich als ein integrirender Bestandtheil des Oculares betrachtet werden.

Fragen wir nach den von der Zwischenlinse auf die Leistungen des Mikroskopes geäusserten Einflüssen, so lassen sich dieselben unter folgenden Gesichtspunkten zusammenfassen:

Die von dem Objective (*ss*) (Fig. 27, a. f. S.) in divergirender Richtung ausfahrenden Lichtkegel werden durch das Zwischenglas *CC* einander genähert und das Luftbild erscheint in Folge dessen verkleinert. Nach den im Anfange dieses Abschnittes erörterten Grundsätzen würde nämlich das objective Bild des Gegenstandes *ab* in *AB* liegen. Da nun aber die von den Punkten *a* und *b* ausgehenden, durch das Objectiv gebrochenen Strahlen schon vor ihrer Vereinigung auf die Linse *CC* treffen, so werden sie nochmals gebrochen, treten in weniger divergirender Richtung aus und haben nun in den Punkten $a'b'c'd'f'$ ihre Vereinigungspunkte. $a'b'$ ist also das durch Vermittlung der Zwischenlinse von dem Gegenstande *ab* entworfene Luftbild. Dass es an Grösse gegen *AB* nicht unbedeutend abgenommen hat, lehrt die einfache Betrachtung der Figur. Ein genaues Verhältniss zwischen der Grösse beider Luftbilder ergiebt sich aus der Abänderung, welche nun das Verfahren zur Berechnung der Vergrösserung erleiden muss. Der eine Factor der früher angewendeten einfachen Formel

$$V = \frac{E}{e} \times \frac{d + f}{f}$$

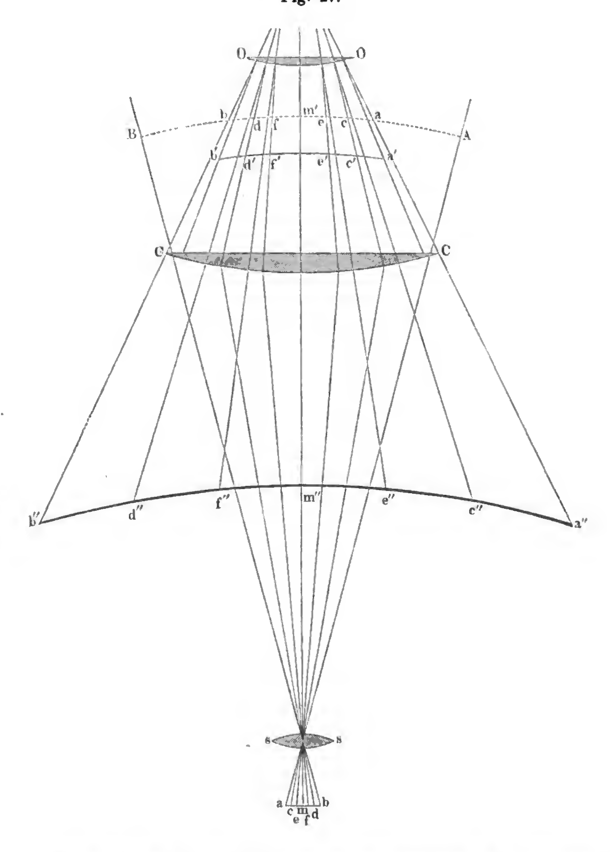
bleibt ungeändert, dagegen muss der letzte Factor, welcher die Vergrösserungszahl des Oculares vorstellt, eine Veränderung erfahren. Statt der Brennweite der Einzellinse muss nämlich die Brennweite einer Linse eingeführt werden, welche ebenso wirkt, wie die Verbindung der beiden Linsen *CC* und *OO*. Die Brennweite einer solchen äquivalenten Linse wird aber bekanntlich gefunden, wenn man die Brennweiten der beiden Linsen miteinander multiplicirt und dieses Product dividirt durch die um den Abstand beider Linsen verminderte Summe derselben. Bezeichnen wir die Aequivalentbrennweite mit F, die Brennweite der Ocularlinse mit f, diejenige der Zwischenlinse mit f' und den gegenseitigen Abstand mit e, so ist:

$$F = \frac{f \cdot f'}{f + f' - e}.$$

Sei nun z. B. $f = 15$, $f' = 45$, $e = 30$, so ist

$$F = \frac{15 \;.\; 45}{15 + 45 - 30} = 22{,}5.$$

Fig. 27.



Es verhält sich demnach die Aequivalentbrennweite beider Linsen zu der Brennweite der Ocularlinse allein wie 22,5 : 15 oder wie 3 : 2. Da nun die Vergrösserungskraft nahezu im umgekehrten Verhältnisse zu der

Brennweite steht, so wird das Luftbild gerade um $^2/_3$ mal verkleinert erscheinen, wenn man es statt durch eine einfache Linse von 15mm Brennweite durch zwei Linsen von resp. 15 und 45mm Brennweite und einem Abstand von 30mm betrachtet. Das ganze Mikroskop gewährt demnach unter diesen Verhältnissen auch nur eine $^2/_3$mal so starke Vergrösserung als unter der ersten Voraussetzung.

Mit dieser Verkleinerung des Luftbildes sind aber einige nicht unbedeutende Vortheile verknüpft. Erstlich kann wegen dieser Verkleinerung jetzt von einem Gegenstande von gleicher Grösse mit der in Fig. 22 angenommenen nicht nur der mittlere Theil *cd* des Luftbildes, sondern dieses in seiner ganzen Ausdehnung *a'b'* übersehen werden. Das Gesichtsfeld des Oculares gewinnt also an Ausdehnung. Da diese Wirkung eine Folge der Sammlung der von dem Objective divergirend ausgehenden Lichtkegel ist, welche im anderen Falle zum Theil an dem Oculare vorbeigehen würden, so hat man der Zwischenlinse den Namen Sammelglas, Collectivglas oder einfach Collectiv gegeben.

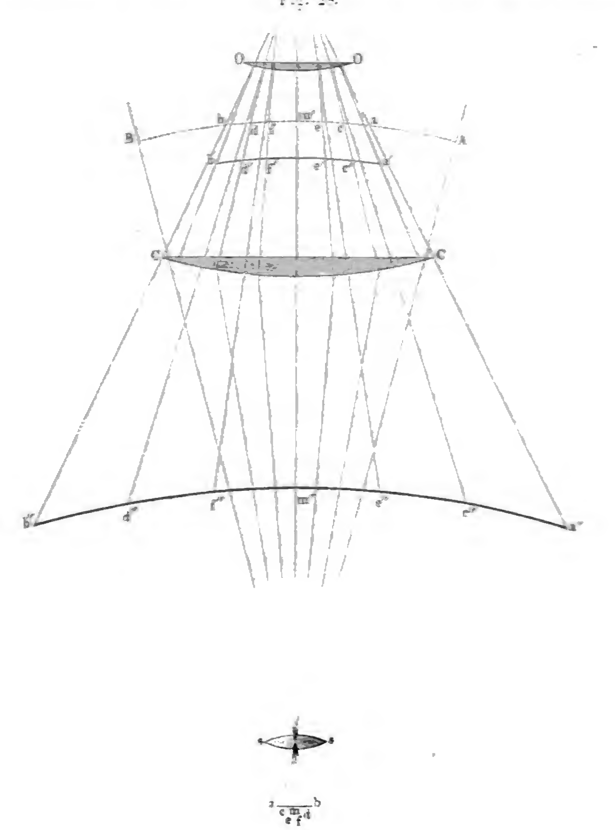
Mit der Vergrösserung des Gesichtsfeldes nimmt aber zweitens zugleich die Lichtstärke des Bildes zu. Die Strahlen nämlich, welche zur Bildung des ursprünglichen Luftbildes *AB* beigetragen hätten, werden jetzt alle in dem kleineren Raume *a'b'* vereinigt. Nun nimmt bekanntlich die Lichtstärke im umgekehrten Verhältnisse mit dem Durchmesser des Bildes zu. Wäre demnach *a'b'* nur halb so gross als *AB*, so würde jenes Bild, abgesehen von dem beim Durchgange durch die Linse *CC* in Folge von Zurückwerfung und Absorbtion hervorgerufenen geringen Lichtverluste, etwa viermal heller erleuchtet sein als dieses.

Eine weitere Folge der Annäherung der von dem Objective her divergirenden Lichtkegel durch das Collectiv besteht in der Beihülfe zur Flächencorrection, d. h. zu der Beseitigung der nicht unbedeutenden Verzerrung des Bildes. Von dieser verbessernden Wirkung kann man sich leicht durch eine einfache Betrachtung überzeugen.

Aus dem S. 22 Gesagten geht hervor, wie die durch das Objectiv hervorgerufene Verzerrung, d. h. die Verkleinerung der Randpartieen des Luftbildes durch das Ocular in höchstempfindlicher Weise in entgegengesetztem Sinne vergrössert, also in eine Vergrösserung der Randtheile übergeführt wird. Durch das Zwischenschieben des Collectives gewinnt nun aber der Einfluss des Objectives in dieser Beziehung an Uebergewicht. Diejenigen Strahlenbündel nämlich, welche von dem Objectiv aus auf das Collectiv treffen, erleiden vermöge der Kugelabweichung dieser Linse eine um so grössere Neigung zur optischen Achse, je weiter entfernt sie von dieser aus nach dem Rande der Collectivlinse durchgehen. So kommt es, dass die in der Figur 28 (a. f. S.) durch einfache Linien dargestellten Strahlenbündel, welche den Punkten *a*, *b*, *c*, *d*, *e*, *f* des Objectes entsprechen und in alphabetischer Ordnung schon das Collectiv um so mehr einander genähert treffen, je weiter sie in dem Objecte von dem

Mittelpunkte des Objectives abstehen, sich in dem durch das Collectiv vermittelten Luftbilde noch um so mehr nähern. Dieses letztere erleidet

Fig. 28.



also nach dem Rande hin eine noch stärker hervortretende Verkleinerung als die durch das Objectiv allein bewirkte: es sind die Entfernungen zwischen *a'* und *c'*, *b'* und *d'* kleiner als zwischen *c'* und *e'*, *d'* und *f'* und diese kleiner als jene zwischen *e'* und *m'*, *f'* und *m'*.

Die Wirkung des Oculares kann nun immer leicht so geregelt werden, dass die einander entgegengesetzten Einflüsse, welche das mikroskopische Bild treffen, sich einander gegenseitig aufheben, und dieses letztere in Folge davon sowohl in seinen inneren Partieen, als in seinen Randtheilen eine möglichst gleichmässige Vergrösserung zeigt ($a''c'' = c''e'' = e''m''$ u. s. f.). Unter dieser Einwirkung des Collectivglases ist die Eigenschaft begriffen, welche man gewöhnlich als Ebenung des Gesichtsfeldes bezeichnet.

Harting (und ihm folgend Frey u. A.) haben dem Collective auch in Beziehung auf die wirkliche Ebenung des Gesichtsfeldes, d. h. auf die Aufhebung der durch das Objectiv bewirkten Krümmung der Bildfläche eine corrective Wirkung eingeräumt. Die Deductionen des erstgenannten Gelehrten sind indessen vollständig unrichtig. Die betreffende Figur auf Seite 134 ist falsch und jede genau und mit Sachkenntniss ausgeführte Construction muss sofort die Ueberzeugung gewähren, dass das durch die Collectivlinse vermittelte Bild ganz gleiche Krümmung haben muss, wie das vermittelst des Objectives allein entworfene. Ueberdies hat jeder unbefangene Beobachter hundert Mal Gelegenheit, sich von der Unrichtigkeit der Harting'schen Lehre zu überzeugen. Die Beobachtung von vollkommen ebenen Objecten, wie von zarten Pflanzenschnitten, Glasmikrometern, mikroskopischen Photographieen etc. zwingt ihn fortwährend, die Einstellung zu ändern, wenn er die Randpartieen des Bildes ebenso deutlich sehen will, wie die mittleren Theile, und zwar belehrt ihn die nothwendige Senkung des Tubus für die Randpartieen, dass diese tiefer liegen als die Mittelpartieen. Ich besitze gewöhnliche, orthoskopische und aplanatische Oculare und ich kann von keinem einzigen sagen, dass es die Bildfläche vollkommen ebene. Allerdings würde sich auch diese Krümmung durch geeignete Mittel heben lassen. Ich für mich jedoch halte diese Beseitigung um so mehr für einen zweifelhaften Gewinn, als die schwache Krümmung der Bildfläche von durchaus keinem erheblichen Einflusse auf die Beobachtung ist und dieser selbst bei feinen Messungen leicht umgangen werden kann.

Sind diese durch das Einschieben der Collectivlinse erreichten Vortheile schon erheblich genug, so tritt doch durch dessen Verbindung mit der Ocularlinse noch ein anderer hinzu. Dieser beruht auf dem Einflusse, welchen es auf die Verbesserung der chromatischen und in gewissem, wenn auch geringem Maasse der sphärischen Abweichung ausübt. Ein solcher Einfluss geht schon aus dem früher über das Doublet Angeführten hervor und werden wir darauf sogleich specieller eingehen, indem wir das bei dem zusammengesetzten Mikroskope gewöhnlich in Gebrauch befindliche Ocular einer näheren Betrachtung unterwerfen.

Huygens'sches Ocular. — Das sogenannte Huygens'sche oder negative Ocular war schon lange Zeit als Campani'sches Ocular bei dem Fernrohre in Gebrauch, ehe man es für das Mikroskop benutzte. Es besteht

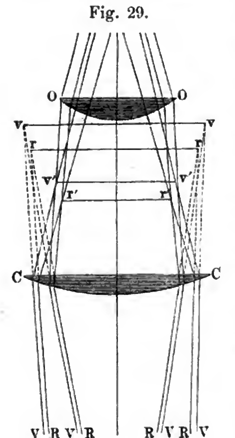
aus einem planconvexen Collectiv und einer gleichgeformten Ocularlinse, welche beide mit ihren erhabenen Seiten dem Objective zugewendet sind. Zur Erzielung der vollkommensten Wirkung ist es am vortheilhaftesten, wenn beide Linsen um die halbe Summe ihrer Brennweiten von einander abstehen, d. h. wenn sich die Brennweite des Collectives, dessen Abstand von der Ocularlinse und die Brennweite der letzteren zu einander verhalten wie 3 : 2 : 1. Dieses Verhältniss erleidet jedoch in der Praxis und bei verschiedenen Optikern mancherlei Abänderungen. Man kann daher auch die Objectivsysteme eines Optikers nicht unbedingt mit dem Oculare eines anderen gebrauchen, wenn man nicht Sorge trägt, die hierbei erforderlichen Correctionen anzubringen.

Die Blendung des Oculares erhält, das oben angegebene Verhältniss vorausgesetzt, ihren Platz in der Mitte zwischen beiden Linsen. Aendert sich das Verhältniss zwischen den Brennweiten dieser, dann muss auch jene eine andere Stelle einnehmen, da dieselbe immer mit der Ebene zusammenfallen muss, in welcher das objective Bild entsteht.

Um den Einfluss des Oculares auf die Verbesserung der Abweichungserscheinungen bei dem mikroskopischen Bilde zu untersuchen, müssen wir im Auge behalten, dass die Objectivsysteme nicht vollkommen aplanatisch, sondern in der Regel in chromatischer Beziehung etwas überverbessert sind.

Durch die chromatische Ueberverbesserung wird eine Umkehrung in der Reihenfolge der durch diese Abweichung hervorgerufenen farbigen Bilder veranlasst. Dasjenige Bild, welches bei einem nicht verbesserten Objective der Ocularlinse zunächst gelegen haben würde, d. h. das rothe, rückt jetzt in die weiteste Entfernung von derselben, das violette Bild dagegen nimmt seine Stelle ihr zunächst ein. Ganz dieselbe Erscheinung findet in Bezug auf die Ordnung der zwischen diesen beiden Grenzbildern liegenden übrigen farbigen Bilder statt. Seien nun *V V*, *R R* (Fig. 29) die äussersten Strahlen zweier von dem Objecte ausgehenden Lichtbündel, so würden ohne das Dazwischentreten der Collectivlinse die violetten Strahlen *V V* ein grösseres violettes Bild in der Fläche *v v*, die rothen Strahlen *R R* dagegen ein kleineres rothes Bild in der Fläche *r r* erzeugt haben. Durch das Collectiv wird zwar keine Aenderung in der Ordnung dieser, durch das überverbesserte Objectiv hervorgebrachten Bilder bewirkt, dieselben werden aber durch seinen Einfluss etwas näher

Fig. 29.



aneinandergerückt und kommen in die Flächen $v'v'$ und $r'r'$ zu liegen. Da nun der Brennpunkt der Ocularlinse $O\,O$ für die violetten Strahlen näher an dessen Oberfläche liegt, als der für die rothen, so werden, wenn das violette Bild etwas innerhalb der Brennweite der ersteren, das rothe etwas innerhalb der Brennweite der letzteren liegt, die von beiden Bildern divergirend ausgehenden Strahlen nach ihrer Brechung durch die Ocularlinse in paralleler Richtung in das Auge treten und ein (abgesehen von den jederzeit übrigbleibenden secundären Farben) farbloses Bild erzeugen.

Bezüglich der sphärischen Abweichung wirken bei dem Huygens'schen Oculare die Abweichungen beider Linsen, indem die näher dem Rande des Collectives durchgehenden Strahlen je eines Lichtkegels näher der Mitte durch das Ocularglas treten, in entgegengesetzter Weise und können sich bis zu einem gewissen Grade einander aufheben. Für das Zusammenwirken des negativen Oculares mit einem in sphärischer Beziehung überverbesserten Objectivsysteme gilt als Bedingung, dass die Entfernung der am weitesten von einander abstehenden Bilder gleich sei der Länge der sphärischen Abweichung der Ocularlinse, und dass das ihr zunächst liegende und grösste Bild etwas innerhalb der Brennweite für den Randtheil der Linse, das entferntere und kleinste Bild dagegen etwas innerhalb der Brennweite für den Mitteltheil entworfen werde. Die übereinanderliegenden Bilder werden dann nach dem Durchgange der Lichtstrahlen durch das Augenglas auf der Netzhaut des Auges zu einem einzigen, scharf umschriebenen Bilde vereinigt werden.

Da die Längen der chromatischen und sphärischen Abweichung nicht einander gleich sind, so leuchtet ein, dass das Ocular auch niemals eine gleich vollkommene Verbesserung für beide zu gewähren vermag. So erscheint denn, während für die eine der Culminationspunkt der Verbesserung gerade erreicht ist, die andere noch unter- oder schon überverbessert. Aus diesem Grunde muss das Streben bei der optischen Einrichtung des Oculares dahin gehen, ein mittleres Verhältniss zu treffen, bei welchem der möglichst beste Erfolg erreicht wird und bei möglichster Beseitigung der Bildverzerrung, welche leider häufig nicht genug berücksichtigt wird, das mittelst des Oculares entworfene Bild in möglichst hohem Grade in chromatischer wie in sphärischer Beziehung verbessert erscheint.

Unter dieser Bedingung und vorausgesetzt, dass das Ocular zu den verschiedenen Objectivsystemen eines Instrumentes in einem solchen Verhältnisse steht, dass durch ihre wechselseitige Verbindung das reinste und deutlichste Bild erhalten wird, kann die als passend gefundene Entfernung zwischen Collectiv- und Ocularlinse eine ein- für allemal feste bleiben, wie dies bei den Ocularen der meisten Optiker der Fall ist. Sind diese Voraussetzungen aber nicht erfüllt, finden zwischen den einzelnen Objectivsystemen ein- und desselben Instrumentes kleine Unterschiede in Bezug auf ihre Verbesserung statt, die nicht durch die bekannten Vorrichtungen an ihnen selbst beseitigt werden können, oder

will man die Oculare eines Optikers mit den Objectivsystemen eines anderen benutzen, so müssen entweder beide Linsen eine Veränderung ihres Abstandes zulassen, oder man muss sich mit anderen Mitteln vertraut machen, um die hierdurch veranlassten Störungen beseitigen und die Leistungen seines Mikroskopes bis zu einem möglichst hohen Grade steigern zu können.

Die Veränderung im Abstande der beiden das Ocular bildenden Linsen hat meines Wissens nur Amici angewendet. Diese Einrichtung beruht auf der Thatsache, dass sich mit der Entfernung zwischen Ocular- und Collectivlinse die Grösse und der wechselseitige Abstand der hintereinander liegenden Bilder ändert. Mit einer Annäherung der letzteren gegen die ersteren wächst die Grösse der einzelnen Bilder sowohl als die Entfernung zwischen den beiden äussersten Bildern; das Luftbild wird somit nach der Betrachtung durch die Ocularlinse in chromatischer und sphärischer Beziehung etwas überverbessert erscheinen. Umgekehrt nehmen diese beiden Factoren ab in dem Maasse, als die Collectivlinse von der Ocularlinse entfernt wird, und es kann das Luftbild je nach Grösse der Vermehrung der Entfernung für beide Abweichungen unterverbessert werden. Es kann mittelst dieser Einrichtung also immer eine solche gegenseitige Stellung der beiden Linsen erreicht werden, in welcher mit einem bestimmten Objectivsysteme die beste Wirkung zu erzielen ist.

Ein weiteres Mittel zu einer derartigen Corretion gewährt die Vergrösserung oder Verkleinerung des Abstandes zwischen Objectiv und Ocular. Je grösser oder kleiner dieser Abstand ausfällt, desto grösser oder kleiner wird nach dem früher Erörterten das Luftbild und nimmt zugleich der Abstand der beiden äussersten Abweichungsbilder zu oder ab. Man kann also durch dieses Mittel in gewissem Grade ganz dieselben Modificationen in den Verbesserungen der Bilder erreichen, wie durch die Correctionsoculare Amici's. Ein drittes Mittel bieten die Objectivsysteme selbst, wenn sie mit Verbesserungseinrichtung versehen sind, indem durch eine Aenderung in dem Abstande der Linsen die Verbesserung derselben in gewissen Grenzen modificirt werden kann. Wo von allen diesen Mitteln keines zu Gebote steht, wenn weder der Abstand zwischen Ocular- und Collectivlinse, noch der zwischen Ocular- und Objectivsystem geändert werden kann, und wenn uns einfache Objectivsysteme zur Verfügung stehen, dann kann man sich noch in gewissem Maasse durch die Wahl der Deckgläser helfen. Wäre z. B. die Länge der Abweichung bei dem Oculare im Verhältniss zur Ueberverbesserung des zu gebrauchenden Objectivsystemes zu gross, so würde ein dickeres Deckglas diesen Fehler heben können, indem durch dasselbe sich das richtige Verhältniss zwischen dem Abstande der äussersten Abweichungsbilder und der Aberrationslänge des Oculares herstellen liesse. Den gleichen Dienst würde ein dünneres Deckglas leisten, wenn die Aberrationslänge des Oculares zu klein wäre im Verhältniss zu der gegenseitigen Entfernung der Grenzbilder.

Neben dem vorigen wird das Ramsden'sche oder positive Ocular bei dem Mikroskope nur höchst selten angewendet und, so viel mir bekannt, in Deutschland nur von Plössl und, ihm nachfolgend, von Schröder, Schiek, Belthle eine Modification desselben auf besonderes Verlangen als aplanatisches Ocular abgegeben. In England dagegen wird es noch immer häufig als Mikrometerocular gebraucht.

Ramsden'sches Ocular. — Von dem Huygens'schen unterscheidet sich das positive Ocular wesentlich dadurch, dass die beiden ebenfalls planconvexen Linsen mit ihren convexen Seiten einander zugekehrt sind und deren Abstand ein weit kleinerer ist, so dass seine Wirkung der eines Doublets gleichkommt. In Folge dessen entsteht denn auch das Luftbild nicht zwischen Collectiv- und Ocularlinse, sondern schon vor der Oberfläche der ersteren.

Wird das Ramsden'sche Ocular als Mikrometerocular angewendet, so kommt der Glasmikrometer vor der Collectivlinse dahin zu liegen, wo das objective Bild entsteht. Sein Vortheil besteht dann darin, dass das Luftbild und die Mikrometerscala durch das Ocular in gleichem Maasse vergrössert werden, die Linien der letzteren namentlich in der Mitte des Gesichtsfeldes vollkommen geradlinig erscheinen und sich daher in verhältnissmässig gleicher Entfernung von einander befinden, was bei mikrometrischen Messungen allerdings sehr berücksichtigt zu werden verdient.

Orthoskopisches und aplanatisches Ocular. — Eine wesentliche Verbesserung hat das Ocular durch den zu früh verstorbenen C. Kellner aus Wetzlar erfahren, indem derselbe als Collectiv eine aus zwei Glassorten bestehende achromatische biconvexe Doppellinse anbrachte. Diese „orthoskopischen" Oculare, welche seitdem auch von Schröder u. A. nachgeahmt wurden, zeichnen sich erstlich durch ein sehr grosses Gesichtsfeld aus; dann aber ist auch die Verzerrung des Bildes vollständig beseitigt. Dass das Bild auch in einer Ebene liege, wie Harting behauptet, kann ich dagegen nicht bestätigen. Der Rand des Bildes verlangt eine etwas stärkere Senkung des Tubus als dessen Mitte.

Das aplanatische Ocular Plössl's besteht aus zwei achromatischen, planconvexen Linsen, giebt ein sehr helles, reines und scharfes, von Verzerrung freies, fast ebenes, aber nur wenig vergrössertes Bild, und kann überall da mit Vortheil angewendet werden, wo man gerade auf diese Verhältnisse besondere Rücksicht nimmt.

Collectiv- und Ocularlinse werden in der Regel in einer Messingröhre in festem Abstande eingeschraubt und die Blendung, welche dazu dient, um die schief auftreffenden, der Reinheit des Bildes schädlichen Lichtstrahlen abzuschneiden, erhält ihren Platz da, wo das objective Bild entsteht, bei den oben angenommenen Verhältnissen also in der Mitte zwischen beiden Linsen, jedoch unter oder über derselben, sobald sich

diese ändern. Die Linsen sowie die Blendung müssen sowohl für sich als in ihrer Verbindung unter einander ebenso genau centrirt sein, als dies früher bei dem Objectivsysteme verlangt wurde. Doch damit ist noch nicht genug, es muss auch die optische Achse genau mit der des ganzen optischen Apparates zusammenfallen, wenn nicht Fehler in den mikroskopischen Bildern entstehen sollen. Bei den oben erwähnten Amici'schen Correctionsocularen ist jede einzelne Linse in eine besondere Röhre gefasst, von denen die eine in die andere genau eingeschliffen ist und sich in derselben auf- und abbewegen lässt. Die innerste Röhre trägt dann aus leicht einzusehenden Gründen die Blendung.

Die Verbindung des Oculares mit dem Mikroskopkörper geschieht einfach durch Einschieben seiner Hülse in das Rohr. Diese Einrichtung verdient der Möglichkeit des schnelleren Wechselns halber den Vorzug vor einer Schraubenverbindung, setzt aber sehr genaue Arbeit voraus, so dass das Ocular bei jeder Stellung genau centrirt bleibt.

3. Der Beleuchtungsapparat.

Der dritte Theil des optischen Apparates unserer zusammengesetzten Mikroskope besteht aus dem Beleuchtungsapparate. Ist dieser Bestandtheil auch im Ganzen genommen von geringerer Wichtigkeit als Objectivsystem und Ocular, so muss derselbe doch, soll er der Vollkommenheit letzterer in genügender Weise entsprechen und bei unseren immer sehr begrenzten Lichtquellen eine Beleuchtung der mikroskopischen Objecte gestatten, welche deren besonderen, äusseren und inneren Structurverhältnissen am angemessensten ist, mit grosser Aufmerksamkeit und Sorgfalt hergestellt werden. Es ist und bleibt immer, selbst für ein optisch sonst ganz vollkommenes Instrument, ein schlechtes Ding, wenn die Beleuchtungsvorrichtung mangelhaft eingerichtet ist.

Durchsichtige und undurchsichtige Gegenstände verlangen, jegliche in ihrer Art, eine eigenthümliche Beleuchtungsweise. Erstere verlangen durchgehendes, letztere auffallendes Licht. Darnach zerfallen denn auch die Beleuchtungsvorrichtungen in zwei wesentlich verschiedene Gattungen.

Am häufigsten kommt die Beobachtung mittelst durchfallenden Lichtes vor, sei es, dass die Gegenstände schon von Natur aus dafür passend sind, oder erst durch Präparation in geeigneter Weise dazu hergerichtet werden. Betrachten wir daher zunächst den Apparat für diese Beleuchtungsweise. Derselbe hat verschiedene Bedingungen zu erfüllen, welche wesentlich durch die Art und Beschaffenheit der Objecte, namentlich aber durch deren feinere Structurverhältnisse bestimmt werden. Die einen verlangen ein sehr intensives, die anderen ein mehr gemässigtes Licht; die einen enthüllen das feinere Detail ihrer inneren, namentlich aber

mancher sehr zarten äusseren Structurverhältnisse am besten bei schief einfallenden Strahlen, die anderen lassen dagegen zur genauen Erkennung namentlich der feineren inneren Structur nur gerades Licht zu. Schliesslich bedingt die Construction der Objectivsysteme die Anwendung eines Lichtkegels bald von kleinerer, bald von grösserer Oeffnung, um verschiedene Structurverhältnisse mit der ihnen angemessenen Klarheit zu erkennen. Daraus ergeben sich denn unmittelbar die Anforderungen, denen ein vollständiger Beleuchtungsapparat zu genügen hat.

Erstens muss derselbe in allen seinen Theilen in normaler Stellung genau centrirt sein, d. h. seine optische Achse muss mit derjenigen des in der Mikroskopröhre enthaltenen optischen Apparates vollständig zusammenfallen.

Zweitens muss er es möglich machen, sowohl gerade, d. h. mit ihrer Achse in der Richtung der optischen Achse des Mikroskopes dahingehende, so wie von allen Seiten her schief einfallende, mit ihrer Achse die optische Achse unter beliebigen Winkeln schneidende Lichtkegel auf den Gegenstand zu leiten.

Drittens muss er möglichst viele und feine Abstufungen in der Intensität des Lichtes gestatten und

Viertens endlich muss es in der Gewalt des Beobachters liegen, je nach Bedürfniss Lichtkegel von grösserer oder kleinerer Oeffnung, d. h. Lichtkegel, gebildet aus Strahlen von verschiedenen Convergenzgraden, zur Beleuchtung zu verwenden.

Der Spiegel. — Da die Beleuchtung stets entweder mittelst des von dem Himmel oder von einer künstlichen Lichtquelle ausgehenden Lichtes geschieht, so ist als einer der wesentlichsten Theile des Beleuchtungsapparates der Spiegel zu betrachten, mittelst dessen jenes Licht aufgefangen und in das Mikroskop reflectirt wird. Man kann zu diesem Zwecke entweder einen ebenen Spiegel oder einen Hohlspiegel verwenden. Am zweckmässigsten erscheint jedoch, wie schon oben aus der vierten Forderung hervorgeht, die Vereinigung beider Spiegelarten in einer Fassung in der Art, dass sich auf der Vorderseite ein ebener, auf der Rückseite ein hohler Spiegel befindet. Man wird dann bei schwachen Vergrösserungen immer das schwächere Licht des Planspiegels verwenden und dadurch eine weit schönere und zweckmässigere Beleuchtung erzielen können, als wenn man das von dem Hohlspiegel reflectirte, immer sehr intensive Licht durch enge Blendungen zu beschränken sucht. Am wenigsten zweckentsprechend erscheint mir der Planspiegel für sich, indem sich mittelst desselben eben nicht der gewünschte Wechsel in der Intensität des Lichtes erzielen lässt und dieses selbst bei stärkeren Vergrösserungen ganz unzureichend wird. Dagegen ist er, wenn mit dem Spiegel noch eine achromatische Beleuchtungslinse verbunden wird, schon ausreichend, wenn man eben nicht beide Spiegel verwenden will, wobei weit mehr Spielraum in der Modification des Oeffnungswinkels der Lichtkegel

gegeben ist, als wenn man diese Linse bloss in Verbindung mit dem ebenen Spiegel gebrauchte.

Man fertigt jetzt fast allgemein die ebenen sowohl, als die concaven Spiegel aus Glas, und es scheint dasselbe auch nach allen Erfahrungen dasjenige Material zu sein, welches vorzuziehen ist. Zunächst liefern Glasspiegel ein weit helleres und weisseres Licht als Metallspiegel, und dann sind dieselben auch weit wohlfeiler herzustellen als die letzteren. Die doppelte Zurückwerfung sowohl von der vorderen, als von der hinteren Fläche, welche man den Glasspiegeln als Fehler entgegenhalten könnte, habe ich nie auf die Schönheit und Reinheit der Bilder influirend gefunden. Als Form hat man die runde festgehalten und würde die von Goring vorgeschlagene elliptische auch von ganz und gar keinem Vortheile, eher der Bequemlichkeit hinderlich sein. Die Grösse hängt von mancherlei Umständen, namentlich auch von der Form des Statives ab. Dieselbe schwankt im Allgemeinen zwischen 25 bis 50^{mm}, kann aber auch, wie das Taschenmikroskop von Nachet beweist, auf ein noch weit kleineres Maass (der Spiegel misst an demselben 14^{mm}) heruntergehen, ohne die Beleuchtungsfähigkeit des Spiegels bedeutend zu beeinträchtigen, wenn man nur seine Brennweite von entsprechender Grösse wählt.

Die genaue Centrirung des Spiegels ist ein für die Beobachtung sehr wichtiges Erforderniss und hat man in dieser Beziehung sein Augenmerk vorzüglich auch darauf zu richten, dass derselbe, wenn er aus der optischen Achse des Mikroskopes entfernt worden ist, mit voller Sicherheit wieder in jene Stellung zurückgebracht werden kann, wo sein Mittelpunkt genau mit dieser zusammenfällt. Sehr zweckmässig wäre es, wenn sich an dem Stative eine Vorrichtung befände, wodurch dieser Zweck ohne Mühe und Zeitverlust erreicht werden könnte, so dass man bei der Zurückführung in die Achsenstellung nicht immer das Auge von dem Oculare entfernen müsste, um mit dessen Hilfe die richtige Lage des Spiegels aufzufinden.

Die Verbindung des Spiegels mit dem Stative geschieht entweder mittelst eines eigenen Trägers (Belthle, Plössl bei dem grossen Stative, Nachet bei seinen mittleren und kleinen Instrumenten), oder durch Befestigung an der Säule, welche den Körper des Mikroskopes trägt (Hartnack, Zeiss, Schiek, Merz etc.). Er hängt dabei in einem Bügel, welcher sich mittelst eines Stiftes um seine horizontale Achse dreht, während der Spiegel selbst in einer auf dieser senkrechten Richtung um seine Querachse beweglich ist, so dass er unter jedem Winkel gegen die Lichtquelle geneigt werden kann. Diese Bewegung ist indessen nicht hinreichend, um der unter Zweitens gestellten Anforderung zu entsprechen, von allen Seiten her schiefes Licht auf den Gegenstand fallen lassen zu können. Dazu ist es nothwendig, dass der Spiegel ausserhalb der optischen Achse des Mikroskopes gebracht werden kann. Da man indessen den Gegenstand selbst entweder mittelst der Hand oder mittelst später zu beschreibender mechanischer Hilfsmittel drehen kann, so braucht der Spiegel nicht eine

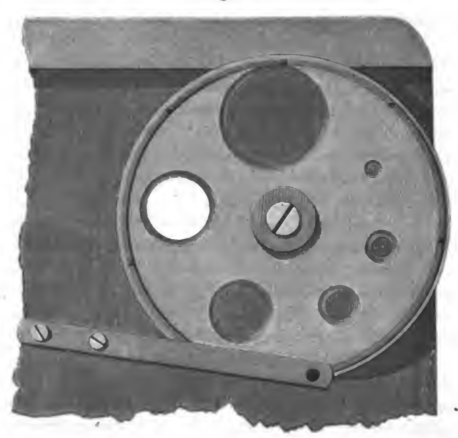
mit seiner Stabilität und namentlich mit seiner genauen Wiedercentrirung unvereinbarliche, allseitige Beweglichkeit gegen die Achse zu besitzen, sondern es genügt, wenn er sich in einer mit der optischen Achse zusammenfallenden, senkrechten Ebene zur Seite oder nach vorwärts bewegen lässt. Am einfachsten ist die von Amici wieder aufgenommene Einrichtung, dass der Bügel, welcher den Spiegel trägt, an dem untersten Ende einer Kurbel befestigt wird, die sich am oberen Ende in einem festen Stifte dreht und eine Bewegung nach links und rechts ausführen kann.

Blendungsvorrichtungen. Um die Abstufungen in der Stärke des von dem Spiegel reflectirten Lichtes nach Willkür regeln zu können, giebt es verschiedene Mittel. Eines derselben beruht in der von Oberhäuser angewendeten Verstellbarkeit des Spiegels in senkrechter Richtung, so dass derselbe der Tischöffnung und somit dem Objecte genähert oder von demselben entfernt werden kann. Für sich allein angewendet würde diese Vorrichtung unzureichend sein, dagegen gewährt sie in Verbindung mit den gleich näher zu besprechenden Blendungen einige Vortheile. Diese letzteren sind als das vorzüglichste Hilfsmittel zur Erreichung des genannten Zweckes zu betrachten, indem mittelst derselben ein beliebiger Theil des das Gesichtsfeld erleuchtenden Lichtbüschels abgeschnitten werden kann. Da es aber, wie wir später ausführlicher erörtern werden, bei Betrachtung verschiedenartiger Gegenstände und zur Erkennung von mancherlei Einzelnheiten in den feineren Structurverhältnissen derselben nicht gleichgültig ist, ob durch die Blendung die von den Randtheilen oder von der Mitte des Hohlspiegels zurückgeworfenen Strahlen abgeschnitten werden, da es vielmehr wünschenswerth ist, für manche Fälle nur diese, für andere nur jene zum Objective gelangen zu lassen, so müssen die Blendungen von zweierlei Art sein. Die einen, schon seit lange in Gebrauch befindlichen, müssen die Abhaltung der Randstrahlen, die anderen, deren Wichtigkeit man erst in neuerer Zeit schätzen gelernt hat, die der Achsen- oder Mittelstrahlen gestatten. Diese zweite Art der Blendungen leisten namentlich dann ihre vorzüglichsten Dienste, wenn sie mit einem vollständigen Beleuchtungsapparate in Verbindung gebracht werden; aber auch mit dem einfachen Hohlspiegel werden sie nicht ohne Vortheil gebraucht, wie ich mich hinreichend überzeugt habe. Für diesen Fall müssen sie aber in senkrechter Richtung beweglich sein. Bezüglich der Verbindungsweise der Blendungsvorrichtung mit dem übrigen Beleuchtungsapparate und dem Stative kommen verschiedenerlei Abänderungen vor, von denen hier nur der beiden am allermeisten in Gebrauch befindlichen gedacht werden soll.

Die einfachste Vorrichtung besteht aus einer runden Metallscheibe, welche sich um einen in ihrem Centrum gelegenen Stift dreht und eine Anzahl weiterer und engerer runder Oeffnungen enthält, welche durch ihre Umdrehung nach einander unter die Oeffnung des Objecttisches gebracht werden können. Soll dieselbe ihrem Zwecke möglichst voll-

kommen genügen, so muss sie sich entweder unmittelbar unter oder doch nur in kleiner Entfernung von dem Objecttische befinden und eine nicht zu geringe Anzahl, sondern etwa 6 bis 8 Löcher enthalten, die wiederum in einer solchen Entfernung voneinander stehen müssen, dass, wenn die eine derselben zur Seite gedreht wird, das Gesichtsfeld

Fig. 30



vollkommen verdunkelt erscheint, ehe die andere hervortritt. Solche Scheiben, welche mit einigen wenigen, etwa zwei bis vier Oeffnungen versehen sind und sich einen Zoll, oder noch weiter unterhalb des Objecttisches befinden, entsprechen ihrem Zwecke an vollkommenen Instrumenten ganz und gar nicht und passen höchstens für kleinere Instrumente. Die Wirkung der drehbaren Blendungscheibe wurde durch die in Fig. 31 dargestellte gewölbte Form, welche Zeiss in Jena zuerst anwendete, bedeutend erhöht, indem dieselbe bei hinreichend starkem Objecttische noch eine sehr starke Annäherung an das Object gestattet.

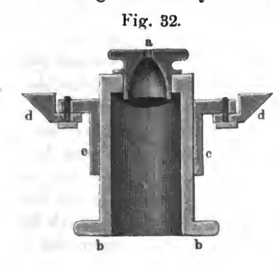
Fig. 31.



Weit zweckmässiger, wenn auch nicht so einfach und so billig herzustellen wie die drehbare Blendungsscheibe, ist der zuerst von Oberhäuser angewendete und von ihm später bedeutend vervollkommnete Apparat für bewegliche Blendungen.

Hier befinden sich die Blendungen *a* (Fig. 32) in dem oberen Ende eines messingenen Hohlcylinders *bb*, der genau in eine gleiche Hülse *cc* eingeschliffen ist und in derselben auf- und abbewegt werden kann, um die ersteren nach Belieben dem Objecte nähern oder von demselben entfernen zu können. Der ganze Apparat ist an einen Schlitten *dd* festgeschraubt, der unter dem Objecttische in Falzen läuft, wodurch es möglich gemacht ist, die Blendungen wechseln zu können, ohne dass man das Object von dem Tische zu entfernen brauchte. Mittelst dieser Blendungen kann man nicht nur den Stärkegrad des Lichtes neben dem Wechseln der Blendungen durch Auf- und Abschieben derselben in den feinsten Abstufungen einwirken lassen, sondern auch zugleich den Einfluss der allmälig sich ändernden Beleuchtung auf das Bild des Gegenstandes ungestört verfolgen und die für ein bestimmtes Object passendste Lichtstärke ausmitteln, was, für manche Fälle wenigstens, von grosser Wichtigkeit ist. Ferner können dieselben, was namentlich bei Anwendung von stärkeren, lichtschwächeren Vergrösserungen zur Beobachtung kleinerer Theile eines Objectes in Betracht kommt, unmittelbar unter den Objectträger gebracht werden, so dass der mittlere Theil des Gesichtsfeldes hell erleuchtet ist, während der übrige Theil mässigeres Licht erhält und nicht dadurch störend einwirken kann, dass überflüssiges Licht in das Auge gelangt. Auch in Bezug auf das Auffinden sehr kleiner Gegenstände bei starken Objectivvergrösserungen gewähren dieselben eine nicht zu verkennende Bequemlichkeit. Man braucht jene nämlich nur unmittelbar auf die kleine Oeffnung zu legen, um sie dann ohne vieles Suchen und grossen Zeitverlust in das Gesichtsfeld zu bringen. In der Röhre lassen sich dann auch leicht die Diaphragmen der zweiten Art anbringen und im Vereine mit dem Hohlspiegel vortheilhaft benutzen.

Fig. 32.



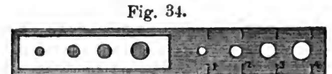
Am unbequemsten sind die festen, zum Einlegen in den Objecttisch bestimmten Blendungen. Zwar bieten dieselben im Vergleich mit der drehbaren Scheibe immer noch einige Vortheile, vorzugsweise auch in Beziehung auf genaue Centrirung dar; diese werden aber einestheils durch ihre Unbequemlichkeit und Störung der Beobachtung beim Wechseln aufgehoben, anderntheils lassen sich bei der Drehscheibe mit Leichtigkeit Vorkehrungen zu genauer Centrirung treffen.

Die zweite Art der Blendungen, welche bestimmt sind, die von der Mitte des Hohlspiegels reflectirten Strahlen abzuschneiden, bestehen aus kleinen kreisförmigen Blättchen, welche aus einer undurchsichtigen, geschwärzten Masse verfertigt sind und einen Durchmesser von 1 bis 5^{mm} haben können. Dieselben werden entweder auf eine drehbare Glas-

scheibe, in den Oeffnungen einer Metallscheibe (Fig. 33), oder an die dünnen Speichen eines sich horizontal drehenden Rädchens, oder auch auf einem horizontal verschiebbaren Glasstreifen (Fig. 34) befestigt. Immer aber hat man dafür zu sorgen, dass zwischen je zwei Blendungen ein hinreichender Zwischenraum bleibt, um nöthigenfalls das volle Licht durchlassen zu können. Befestigt man dieselben auf die oben berührte Weise in der Röhre für bewegliche Blendungen, oder senkrecht beweglich an einem Stäbchen, so kommt man wohl auch mit einem oder höchstens zwei Scheibchen aus, da man es in der Gewalt hat, durch deren Auf- und Abbewegen einer grösseren oder kleineren Menge der mittleren Strahlen den Zugang zu versperren. Damit verbindet sich noch ausserdem der Vortheil, dass man, wie oben bei den Blendungen zur Abhaltung der Randstrahlen schon erwähnt, während der Beobachtung ganz allmälig verschiedene Grade der Beleuchtungsstärke einwirken lassen kann.

Fig. 33.

Fig. 34.



Auf die specielle Einrichtung des Blendungsapparates wird am besten bei Beschreibung der Instrumente aus den verschiedenen optischen Werkstätten näher eingegangen.

Lichtverstärkungsapparat. — Was endlich den letzten Punkt, d. h. die Aenderung der Convergenz der zur Beleuchtung verwendeten Lichtstrahlen betrifft, so lässt sich der beabsichtigte Zweck auf verschiedene Weise erreichen. Das einfachste, für gewöhnlich auch ganz zureichende Mittel bietet sich in der Verbindung des Hohl- und Planspiegels und in deren Verschiebbarkeit in senkrechter Richtung. Man kann dann bei genäherter Stellung des Concavspiegels mehr, bei entfernterer Stellung oder mittelst Gebrauch des Planspiegels minder convergirende Strahlen, d. h. Lichtkegel von mehr oder minder grosser Oeffnung, auf das Object werfen. Vollkommener erreicht man diesen Zweck durch die Einschiebung einer Sammellinse zwischen Spiegel und Objecttisch. Diese Linse mit einer Brennweite von 10 bis 15^{mm} ist wegen der dadurch bewirkten Verminderung der Abweichungserscheinungen am besten planconvex und mit ihrer erhabenen Seite dem Spiegel zugewendet. Mit ihr lassen sich dann auch auf sehr zweckmässige Weise die Blendungen zur Abhaltung der Rand- oder Mittelstrahlen in Verbindung bringen, wie dies z. B. auf höchst einfache Weise bei dem später zu beschreibenden Beleuchtungsapparate von Harting, oder in complicirterer Weise bei dem achromatischen Condensor der Engländer (in Deutschland von Bénèche in Berlin angefertigt) geschehen ist.

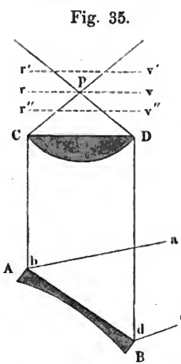
Amici wendet diese Linse in Verbindung mit einem Planspiegel,

andere Optiker in Verbindung nur mit dem Hohlspiegel an. Am meisten Spielraum gestattet jedoch auch hier die Verwendung beider Spiegel.

Harting hat, wie es dem aufmerksamen praktischen Beobachter bald auffallen muss, die Wirkungsweise der achromatischen Beleuchtungslinse in Verbindung mit Plan- und Hohlspiegel überschätzt und unrichtig dargestellt, indem er eben ganz ausser Acht liess, dass die Lichtstrahlen, welche wir durch den Spiegel auffangen, nicht von einem in unendlicher Entfernung befindlichen selbstleuchtenden Körper ausgehen, sondern dass sie von diffusem, d. h. unregelmässig zurückgeworfenem Lichte herrühren. Die Beleuchtung kann daher unter gewöhnlichen Umständen niemals so geregelt werden, dass wir das Object beliebig mittelst aus parallelen, divergirenden oder convergirenden Strahlen gebildeten Lichtbüscheln zu erhellen im Stande sind; im Gegentheil werden die durch den Beleuchtungsapparat in das Mikroskop gelangenden Lichtstrahlen immer eine mehr oder minder convergirende Richtung besitzen. Plan- und Hohlspiegel unterscheiden sich also, indem sie in annähernd gleicher Weise wirken, gleiche Ausmessungen vorausgesetzt, nur durch die Intensität der Beleuchtung; dasselbe findet in Bezug auf die Verbindung mit der Beleuchtungslinse statt. Nur wo wir unter Ausschluss des zerstreuten Lichtes mit directem Sonnenlichte arbeiten, wie das wohl manchmal bei Untersuchung schwieriger Objecte, in polarisirtem Lichte bei starker Vergrösserung, sowie zum Behufe der Aufnahme mikroskopischer Präparate durch die Photographie geschieht, lassen sich die von Harting erwähnten Beleuchtungsweisen erzielen.

Obgleich nun die ersterwähnten Untersuchungen nur in seltenen Fällen directes Sonnenlicht erfordern, so wird doch die Photographie, obwohl sie wohl kaum im Stande sein dürfte, die mikroskopischen Handzeichnungen zu verdrängen, in nächster Zeit für manche Zwecke der mikroskopischen Untersuchung ihre Bedeutung gewinnen, und will ich im Hinblicke hierauf die von Harting hervorgehobenen Beleuchtungsweisen nicht umgehen.

Fig. 35.



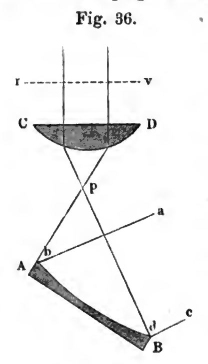
Wie die Beleuchtungslinse in Verbindung mit dem Planspiegel wirkt, geht aus folgender Betrachtung hervor.

Die parallel auf den Spiegel treffenden Strahlen *ab* und *cd* (Fig. 35) werden in paralleler Richtung nach der Linse *CD* zurückgeworfen und schneiden sich, nachdem sie dieselbe durchlaufen haben, in dem Punkte *p*. Ein in der Ebene *rv* liegendes kleines Object wird also von dem vollen concentrirten Lichtkegel getroffen werden, so dass gerade die Mitte des Seh-

feldes am stärksten beleuchtet ist. Rückten das Object und der Spiegel einander näher, so dass sich das erstere in der Ebene $r''v''$ befindet, dann wird es noch von convergirendem, aber weniger intensivem, d. h. auf einer weiteren Fläche ausgebreitetem Lichte getroffen. In der Lage $r'v'$ dagegen treffen nach ihrer Vereinigung auseinanderlaufende Strahlen auf das Object und das divergirende Licht ist um so intensiver, je näher $r'v'$ dem Vereinigungspunkte p liegt. Man kann demnach durch Höher- und Tieferstellen der Linse nicht allein die Richtung der Lichtstrahlen ändern, sondern auch die Stärke der Beleuchtung in gewissem Grade abstufen, wobei indessen der Winkel der einfallenden Strahlen stets der gleiche bleibt.

In weit vollkommnerer Weise lassen sich diese Modificationen in Richtung und Intensität des Lichtes mittelst Hohlspiegel und Sammellinse erreichen, wobei aber die Brennweite des ersteren für einen gegebenen Spiegelabstand vom Objecte so regulirt werden muss, dass man seinen Brennpunkt mit dem vorderen Brennpunkte der Linse genau zusammenfallen lassen kann. Wird dann die Entfernung zwischen Spiegel und Linse so geregelt, dass dieser letztere Fall eintritt und ihre beiden Brennpunkte zugleich in p (Fig. 36) liegen, so vereinigen sich die parallel auf den Hohlspiegel treffenden Strahlen ab und cd in p, also in dem Brennpunkte der Linse. Nach den Gesetzen der Lichtbrechung müssen sie daher nach ihrem Durchgange durch die letztere parallel austreten. Das Gesichtsfeld wird somit durch concentrirtes paralleles Licht erleuchtet, dessen Intensität in dem Verhältnisse höher ausfällt, als die Brennweite des Spiegels grösser ist als diejenige der Linse. Es steigt dieselbe nämlich im quadratischen Verhältnisse mit dem Quotienten aus der Brennweite der Linse in die des Spiegels, so dass, wenn dieser gleich 3 ist, die Lichtstärke, welche das Gesichtsfeld erleuchtet, neunmal grösser ist als die des auf den Spiegel fallenden Lichtes.

Fig. 36.



Entfernt man den Spiegel weiter von der Linse, so dass deren Abstand grösser wird als die Summe der Brennweiten, dann liegt der Vereinigungspunkt p (Fig. 37) der von dem Spiegel reflectirten Strahlen weiter von der Oberfläche der Linse entfernt, als deren Brennweite beträgt, und es treten demnach die von ihr gebrochenen Strahlen in convergirender Richtung aus. Die Convergenz nimmt aber bekanntlich zu, je weiter der Punkt p von der Oberfläche der Linse wegrückt, je mehr also die Entfernung zwischen Linse und Spiegel vergrössert wird und es ist hierin ein Mittel gegeben, um mit der Intensität des convergirenden Lichtes auch dessen Einfallswinkel zu ändern.

Ist endlich der Abstand zwischen Linse und Spiegel kleiner als die Summe ihrer Brennweiten, so treten, da nun der, als leuchtender betrachtete, Punkt *p* innerhalb der Brennweite der ersteren liegt, die Lichtstrahlen in divergirender Richtung aus (Fig. 38). Durch Höher- und Tieferstellen der Linse hat man es dann auch hier wieder in der Gewalt, Richtung sowohl als Intensität des Lichtes zu ändern.

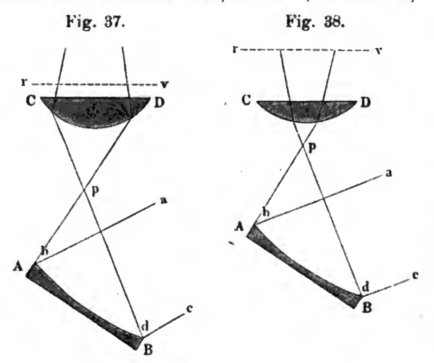


Fig. 37. Fig. 38.

Ist ein Mikroskop mit dem Apparate für bewegliche Blendungen und mit einem Spiegel ausgestattet, der auf der einen Seite eben, auf der andern hohl ist, steht damit ferner eine Beleuchtungslinse, wie die erwähnte, in Verbindung, so besitzt man darin einen Beleuchtungsapparat für durchfallendes Licht, der in Rücksicht auf sämmtliche mikroskopische Beobachtungen wohl kaum etwas zu wünschen übrig lassen dürfte.

Wollte man indessen für einzelne sehr schwierige Fälle der Beobachtung noch höhere Leistungen des Beleuchtungsapparates erzielen, so kann man etwa die einfache Linse durch ein achromatisches Beleuchtungssystem ersetzen, wie dies die Engländer und in Deutschland Bénèche und Nobert thun. Ich muss übrigens gestehen, dass mir bis heute bei meinen Untersuchungen noch kein Fall vorgekommen ist, wo ich von dem einfacheren Apparate im Stiche gelassen worden wäre, oder wo mir die Anwendung eines Beleuchtungssystemes besonderen Vortheil gebracht hätte. So hohe Summen auf den Beleuchtungsapparat zu verwenden, wie dies in England geschieht, erscheint mir daher geradezu eine Verschwendung zu sein.

Sammellinse für auffallendes Licht. — Der Apparat für Beleuchtung mittelst auffallenden Lichtes bedarf weder einer solchen Vollkommenheit wie derjenige für durchfallendes Licht, noch kann derselbe, wenn er nicht zu complicirt und ausser Verhältniss mit seiner Leistungsfähigkeit kostspielig werden soll, in einer solchen hergestellt werden. Bei schwächeren Vergrösserungen von 20- bis 100mal im Durchmesser bedarf man bei unserem heutigen lichtstarken Mikroskope eigentlich noch gar keiner künstlichen Beleuchtungsmittel, sondern es genügt das gewöhnliche Tageslicht. Sollen aber undurchsichtige Gegenstände bei einer über 100fachen oder gar, was indessen nur höchst selten vorkommt,

bei einer 200- bis 300fachen Vergrösserung betrachtet werden, so bedarf es allerdings passender Apparate zu deren Beleuchtung; indessen genügen dann noch immer die einfacheren, allgemein in Gebrauch befindlichen, ohne dass man z. B. seine Zuflucht zu dem kostspieligen Wenham'schen Apparate zu nehmen brauchte. Für Vergrösserungen zwischen 100- bis 200 mal genügt vollkommen eine planconvexe Sammellinse, welche entweder, wie bei kleineren Instrumenten, an dem Mikroskope selbst oder, was vorzuziehen ist, auf einem eigenen schweren Fusse befestigt werden kann und dabei so eingerichtet sein muss, dass sie sich nach jeder Richtung wenden, unter jedem Winkel gegen die Achse des Mikroskopes neigen und in die für die intensivste Beleuchtung passende Entfernung von dem Objecte bringen lässt. Richtet man eine solche Linse, deren Oeffnung nicht zu klein sein darf, sondern mindestens 2 bis 5″ betragen muss, gegen den Himmel, stellt das Mikroskop hinreichend weit von dem Fenster entfernt auf, so dass ein möglichst kleines und helles Lichtbild auf den Gegenstand geworfen werden kann, und trägt man endlich dafür Sorge, dass das Gesichtsfeld hinreichend verdunkelt ist, was am besten mittelst Unterlegens von matten, schwarzen und undurchsichtigen Objectträgern geschieht, so wird man durch dieselben eine vollkommen ausreichende Beleuchtung erzielen.

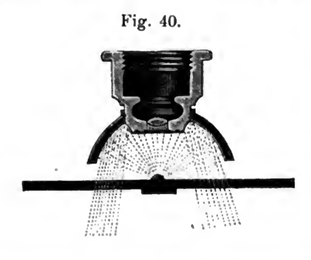
Fig. 39.



Lieberkühn'scher Spiegel. — Sollen zur Beobachtung opaker Gegenstände höhere, etwa 200- bis 400fache Vergrösserungen verwendet werden, bei denen durch das dem Gegenstande sehr genäherte Objectivsystem die von der Sammellinse kommenden Strahlen von dem Objecte abgeschnitten werden, so muss an die Stelle der Sammellinse der Lieberkühn'sche Spiegel, oder eine andere passende, aber einfache Vorrichtung treten, welche deshalb bei einem vollkommen ausgestatteten Instrumente nie fehlen sollte. Der Lieberkühn'sche Spiegel besteht aus einem kleinen, in der Mitte durchbrochenen Spiegelchen aus möglichst vollkommen polirtem, reinem Silber, von etwa 20 bis 25^{mm} Durchmesser, dessen Krümmungshalbmesser so gewählt sein muss, dass sein Brennpunkt mit dem Brennpunkte des in Gebrauch befindlichen Objectivsystemes zusammenfällt. Beim Gebrauche verschiedener Objectivsysteme muss daher auch zu jedem ein dafür eingerichteter Lieberkühn vorhanden sein. Man wird indessen einen solchen Wechsel mit den Objectivsystemen kaum nöthig haben, da man bei den schwächeren die Linse verwenden und bei etwa gewünschter Steigerung der Vergrösserung sich mit stärkerer Ocularvergrösserung helfen kann. Beim Ge-

brauche wird das Spiegelchen (Fig. 40), dessen centrale Oeffnung dem Objectivsysteme angepasst und so gross sein muss, dass die unterste Linse dieselbe gerade ausfüllt, mittelst seiner Fassung durch eine Schrauben- oder andere passende Vorrichtung unten an das Objectiv befestigt. Der durchsichtige Objectträger muss dann auf seiner oberen oder unteren Seite ein rundes Scheibchen aus einer geschwärzten und undurchsichtigen Masse enthalten, welches einen demjenigen der vorderen Linse gleichen Durchmesser hat, zur Aufnahme des kleinen, seinen Durchmesser nicht überschreitenden Objectes dient und das von dem Spiegel reflectirte Licht von dem Eintritt in das Objectiv abhält. Wird dann, nachdem man die grösste Oeffnung der drehbaren Scheibe unter die Oeffnung des Objecttisches gerückt, oder bei beweglichen Blendungen den ganzen Blendungsapparat entfernt und das dunkle Scheibchen des Objectträgers genau in die Achse des Mikroskopes gebracht hat, der Spiegel nach dem Himmel gerichtet, so gelangt sein Licht an der geschwärzten Scheibe des Objectträgers vorbei auf das sphärische Metallspiegelchen und wird von diesem aus allseitig auf das Object geworfen. Die Beleuchtung durch den Lieberkühn'schen Spiegel passt indessen nicht für jeden opaken Gegenstand. Abgesehen davon, dass dieser letztere nämlich nur von einer beschränkten Grösse sein darf, ist auch die mittelst dieses Beleuchtungsapparates erzielte Vertheilung von Licht und Schatten eine solche, dass sie nicht für alle Structurverhältnisse der Oberfläche die nöthige Klarheit und Schärfe gewährt. Näher hierauf einzugehen werden wir weiter unten Gelegenheit haben.

Fig. 40.



III. Stativ.

Obwohl das Stativ hinsichtlich seiner Wichtigkeit weit hinter dem optischen Apparate zurücksteht, so ist sein Bau doch immerhin von nicht unerheblichem Einfluss auf die Gebrauchsfähigkeit eines Instrumentes, und es verdient derselbe in seinen verschiedenen Theilen einer eingehenderen Betrachtung unterzogen zu werden. Dabei kann allerdings nur der allgemeine Standpunkt eingehalten und nicht auf besondere Fälle des Gebrauches Rücksicht genommen werden, welche eine oder die andere Abweichung in dem Baue des ganzen Statives oder einzelner Theile desselben bedingen.

Fassen wir, unter dieser Voraussetzung der Tüchtigkeit zu möglichst

allgemeinem und unbeschränktem Gebrauche bei mikroskopischen Untersuchungen in Thier- und Pflanzenanatomie, die Bestimmung des Statives ins Auge, so besteht dieselbe wesentlich in Folgendem. Es hat zunächst den optischen Apparat aufzunehmen und demselben eine, bei voller Unverrückbarkeit aus der Achse des ganzen Instrumentes, in vollem Umfange bis zum feinsten Grade zu modificirende Beweglichkeit zu ertheilen. Dann hat es den für die Beobachtung hergerichteten Gegenständen eine passende, genügend feste und für die verschiedenen etwa nothwendigen Manipulationen hinreichend Raum gewährende Unterlage zu bieten. Dem ersteren Zwecke dienen die Röhre sowie die Vorrichtungen zur Einstellung und zur Anbringung des Beleuchtungsapparates, dem letzteren der Objecttisch. Als Träger des Ganzen kommen dann noch Fuss und Säule hinzu.

Der Fuss und die Säule. — Was zunächst den ersteren betrifft, so ist erste und unerlässliche Bedingung, dass derselbe dem Mikroskope eine hinreichend breite Grundfläche biete und so schwer sei, dass der Schwerpunkt des ganzen Instrumentes nicht allein hinreichend unterstützt, sondern auch zugleich möglichst tief nach unten gerückt wird, um dasselbe vor jedem zufälligen Umfallen genügend zu schützen. Dieses Ziel kann auf verschiedene Weisen erreicht werden, die alle mehr oder minder ihrem Zwecke entsprechen.

Es kann der Fuss, wie bei den im Vorausgehenden beschriebenen einfachen Mikroskopen, von dem Kasten gebildet werden, so dass das Stativ auf demselben festgeschraubt wird. Diese Ausführungsweise ist namentlich bei kleineren, sogenannten Reise- oder Taschenmikroskopen anwendbar, da dieselben dadurch bedeutend an Compendiosität gewinnen. Allein dann darf, wenn später zu besprechende Vortheile beim Gebrauche nicht verloren gehen sollen, erstlich das Mikroskop selbst nicht sehr hoch sein und zweitens muss der Kasten sich nicht von oben, sondern von der Seite öffnen, damit man ohne Störung Oculare und Objective wechseln kann.

Die früher fast allgemein gebräuchliche Form des Fusses, wo derselbe aus drei Armen besteht, die zum Zusammenlegen eingerichtet sind, ist jetzt ziemlich selten geworden. Zwar ist dieselbe, abgesehen von ihrer immer nicht sehr bedeutenden Festigkeit, nicht gerade unbedingt zu verwerfen, namentlich wenn die Gelenke sehr genau gearbeitet sind und dafür Sorge getragen ist, dass die Höhe des Armes dessen Breite übertrifft, so dass jedes Schlottern und Federn vermieden wird. Doch bringt das immer sich wiederholende Auseinanderschlagen und Zusammenlegen einige Unbequemlichkeit mit sich und leiden dadurch nach und nach die Gelenke immer etwas, so dass man bei längerem Gebrauche den vollkommen festen Stand einigermaassen vermissen wird, es sei denn, dass man das Mikroskop beständig unter Glaskasten oder Glocke aufbewahre. Auch lässt sich diese Form des Fusses nicht gut bei solchen Instrumenten anwenden, welche mit drehbarem Objecttische versehen

sind, und müsste selbstverständlich ganz wegfallen, wo die Drehung in den Fuss verlegt ist, wie bei den Mikroskopen von Kellner, Belthle, oder den neueren Instrumenten von Nobert und Plössl.

Am zweckmässigsten finde ich den festen, aus einem einzigen Metallstücke gearbeiteten Fuss, mag derselbe rund oder hufeisenförmig sein oder sonst eine Form besitzen. Derselbe bietet dem Stative nicht nur eine hinreichend grosse Unterstützungsfläche, sondern es wird durch sein ansehnliches Gewicht auch der Schwerpunkt des ganzen Instrumentes ziemlich tief nach unten verlegt, was selbst den kleineren Mikroskopen mit einem Fusse von geringeren Dimensionen hinreichende Festigkeit verleiht, so dass kaum irgend ein Unfall zu befürchten ist.

Mit dem Fusse steht unmittelbar die Säule in Verbindung, welche in der Regel den Beleuchtungsapparat, den Objecttisch und den eigentlichen Körper, die Röhre zur Aufnahme der Objective und Oculare trägt und an welcher auch meistens die Mittel zur Einstellung, d. h. zur senkrechten Bewegung der Röhre gegen das Object angebracht sind. Hier nun sind so viele ihrem Zwecke alle fast gleich gut entsprechende Modificationen möglich und auch ausgeführt, dass wir uns ein weiteres Eingehen darauf bis dahin ersparen müssen, wo von den Mikroskopen aus den verschiedenen optischen Werkstätten die Rede sein wird.

Der Objecttisch. — Der Objecttisch ist einer der wichtigsten Theile des Statives, von dem namentlich die Bequemlichkeit bei der Benutzung des Instrumentes sehr abhängt. Es ist daher nothwendig, dass ihm bei dem Baue eines Mikroskopes die nöthige Aufmerksamkeit zugewendet wird. Vor Allem ist darauf zu sehen, dass der Objecttisch sich in einer Höhe über dem Arbeitstische befinde und eine Grösse erhalte, die es gestatten, alle während der Dauer einer Beobachtung nothwendigen Manipulationen mit Sicherheit und Bequemlichkeit auf ihm ausführen zu können und sich weder in der Grösse der Objectträger, noch in deren Bewegung nach allen Seiten hin im mindesten beschränken zu müssen. An vielen älteren und auch an manchen der kleinen neueren Instrumente ist derselbe offenbar zu klein oder doch zu schmal. Am zweckmässigsten ist wohl ein Durchmesser von 70 bis 100^{mm} nach Länge und Breite, und darf man auch selbst bei den kleineren Instrumenten, ohne in der Anwendung grösserer Glasplatten zu sehr beschränkt zu werden, nicht gut unter ein Maass von 50 bis 60^{mm} herabgehen. Was seine Form anbelangt, so ist dieselbe im Ganzen ziemlich gleichgültig, doch möchte im Allgemeinen die quadratische oder runde der rechteckigen vorzuziehen sein, weil eben diese Formen den grössten benutzbaren Raum gewähren.

Die Oberfläche des Objecttisches darf niemals so beschaffen sein, dass von ihr aus fremdes Licht in das Auge oder auch beim Gebrauche schwächerer Objectivsysteme in das Mikroskop reflectirt wird. Da er indessen immer aus Messing angefertigt wird, so muss dieses entweder

matt geschliffen oder geschwärzt sein, oder es muss in den Tisch selbst, wie dies in neuerer Zeit von Hartnack und Belthle geschieht, eine matt geschliffene und geschwärzte dicke Glastafel eingesetzt werden. In letzterem Falle hat man dann auch noch den Vortheil, dass der Objecttisch nicht so leicht irgend welchen Beschädigungen durch die Reagentien ausgesetzt ist, mit denen der Mikroskopiker ja immer umzugehen hat. Feststehende Federklammern und dergleichen Vorrichtungen sollten auf der Oberfläche des Tisches ebenfalls nicht angebracht sein. Man wird durch diese Beigaben nur in der Freiheit der Bewegung des Objectes gehindert, ohne dass man ihrer bei der senkrechten Stellung des Mikroskopes jemals bedürfte, ausgenommen etwa solche Fälle, wo man den Objectträger bei Demonstration möglichst zu fixiren wünschte. Zu diesem Zwecke aber sind dann am besten ein paar bewegliche Federklammern zu verwenden, welche in passend angebrachte Löcher eingesteckt und nach dem Gebrauche wieder entfernt werden können. Bei horizontaler Stellung des Mikroskopes, die indessen nur als Ausnahmefall vorkommen dürfte, sind derartige Apparate allerdings unbedingt nothwendig, müssen aber auch ihre Entfernung gestatten.

Die Oeffnung zum Durchlassen des von dem Spiegel zurückgeworfenen Lichtes ist für gerade Beleuchtung hinreichend weit, wenn ihr Durchmesser wenig grösser ist, als derjenige des Gesichtsfeldes bei der schwächsten Vergrösserung und etwa 12 bis 15^{mm} misst. Für schiefe Beleuchtung dagegen sowie bei Anwendung des Lieberkühn'schen Spiegels zur Beleuchtung undurchsichtiger Gegenstände ist eine etwas weitere Oeffnung von etwa 25 bis 30^{mm} sehr erwünscht. In diesem Falle sind wieder die beweglichen Blendungen von unbedingtem Vortheile, indem man den Blendungsapparat ganz entfernen kann und dann eine hinreichend weite Oeffnung erhält. Bei der drehbaren Blendungsscheibe ist dagegen die weite Oeffnung des Tisches wegen der Zwischenräume zwischen den Oeffnungen immer mit einiger Unbequemlichkeit verbunden und muss für eine passende Einlage Sorge getragen werden, um erstere in dem nöthigen Maasse verringern zu können.

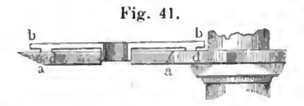
Zu den Haupterfordernissen eines zweckentsprechenden Objecttisches gehört möglichste Festigkeit und Freiheit vom Federn. Man muss daher vermeiden, demselben eine zu grosse Beweglichkeit zu ertheilen. Was erstens dessen Beweglichkeit in verschiedenen Richtungen der Horizontalebenen betrifft, wie sie namentlich von den englischen Optikern erstrebt und zu deren Ausführung der Tisch mit Schrauben- oder Hebelvorrichtungen überladen wird, so ist dieselbe nicht allein für den Mikroskopiker von Fach ganz und gar entbehrlich, sondern grundsätzlich zu verwerfen, weil alle diese Vorrichtungen nur Zeit und Aufmerksamkeit in Anspruch nehmen, welche mit viel mehr Nutzen auf die Beobachtung verwendet würden. In dieser Beziehung kann man nicht zu oft die sehr treffenden Worte Hugo v. Mohl's (Mikrographie Seite 89) wiederholen: „Wer nicht die manuelle Geschicklichkeit hat, um mit einem einfach ge-

bauten Mikroskop zu beobachten, wer für jede Bewegung, anstatt seinen Finger zu gebrauchen, eine Schraube nothwendig hat, der ist ohnehin zum mikroskopischen Beobachter untauglich, denn er wird vergeblich ein brauchbares Präparat zu verfertigen sich bemühen." Man gehe nur einmal die Geschichte der mikroskopischen Entdeckungen durch. Die meisten sind mit höchst einfach gebauten Instrumenten aus deutschen oder französischen Werkstätten gemacht.

Nur eine Bewegung, in horizontaler Ebene, scheint mir nicht allein wünschenswerth, sondern für manche Fälle ganz unentbehrlich. Dies ist die Drehung des Tisches um die optische Achse. Sie ist, wenn man bei schiefer Beleuchtung Licht von allen Seiten her auf das Object fallen lassen will, nicht allein sehr bequem, sondern kaum zu ersetzen, und deshalb auch fast von allen Optikern mindestens an ihren grösseren Instrumenten angebracht. Aber auch für die Beobachtung bei gerader Beleuchtung bietet diese Bewegung solche Vortheile und Annehmlichkeiten, dass sie jedem Instrumente einen Vorzug vor einem andesichert, dem sie fehlt. Kann man auch nöthigenfalls die gewünschte Drehung mit der freien Hand ausführen, so bleibt sie doch ohne besondere Uebung immer höchst mangelhaft. Erstlich veranlasst sie mancherlei Zeitverlust, indem dabei, namentlich bei stärkeren Vergrösserungen, das Object fortwährend aus dem Gesichtsfelde verschwindet und immer wieder aufs Neue zurechtgerückt werden muss. Dann aber wirkt sie, was besonders hervorzuheben ist, bei der Beobachtung durch dieses fortwährende aus dem Gesicht Verlieren des Objects höchst störend, während man bei drehbarem Tische den Gegenstand von allen Seiten der schiefen Beleuchtung aussetzen und deren gradweise Einwirkung verfolgen kann, ohne das Auge auch nur einen Augenblick vom Mikroskope entfernen zu müssen. An den bisher praktisch befolgten Ausführungsweisen des drehbaren Objecttisches ist namentlich Zweierlei zu tadeln. Erstens erfordern dieselben bei manchen Instrumenten während der Umdrehung ein Festhalten des Fusses mit der zweiten Hand, so dass keine für die Einstellschraube frei bleibt. Dadurch muss aber die genaue Beobachtung und Durchforschung des zu untersuchenden Gegenstandes, wenn auch nur auf kurze Zeit, unterbrochen werden, indem während der Drehung bekanntlich die feine Einstellung fortwährend etwas geändert werden muss. Zweitens geht durch die Art und Weise ihrer Verbindung mit den übrigen Theilen des Mikroskopes, bei den Oberhäuser'schen Instrumenten z. B. durch den Schraubenknopf der feinen Einstellung, bei den Kellner'schen durch das Zwischenstück, welches den Tisch mit der Drehscheibe verbindet, ein mehr oder minder grosser Theil der Umdrehung verloren. Theilweise wird nämlich die weitere Drehung durch das Anstossen an den schief stehenden Spiegel gehindert, theilweise durch zwischentretende Stativtheile das Licht vom Spiegel zum Theil abgeschnitten und das Gesichtsfeld verdunkelt. Zweckmässiger wäre es, die Einrichtung zur Drehung des Objecttisches mit möglichster Berücksichtigung genauer Centrirung und

der nöthigen Stabilität derart anzubringen, dass sich mittelst einer passenden Vorrichtung dessen innerer, etwas über die übrige Fläche hervorragender Theil für sich um die optische Achse drehen liesse, so etwa, wie dies bei dem zu goniometrischen Messungen bestimmten Tische der grossen Brunner'schen Mikroskope geschieht. Einfacher noch wäre die von Welker (Ueber Aufbewahrung mikroskopischer Objecte etc. 1856) empfohlene Objectdrehscheibe (Fig. 41), wenn sich dieselbe in ihrer einfachen Form so genau herstellen liesse, dass sie immer vollkommen centrirt bliebe. Dies ist aber, wie ich von Belthle erfahren, nicht in dem erforderlichen Grade zu erreichen. Es hat daher selbst dieser Optiker vorgezogen, auch seine kleineren Mikroskope zu 50 Thalern mit drehbarem Tische zu versehen. Für kleinere Instrumente mit hinreichend grossem Objecttische, an denen eine bessere Vorrichtung fehlt, kann ich die Drehscheibe indessen immerhin aus eigener Erfahrung zur Aushilfe empfehlen, indem die Bewegung doch derjenigen mit freier Hand weit vorzuziehen ist.

Fig. 41.



Gegen die Beweglichkeit des Objecttisches in senkrechter Richtung, um dadurch die Einstellung des Objects zu bewirken, glaube ich mich ohne allen Vorbehalt aussprechen zu müssen. Der einzige Umstand, der zu Gunsten der senkrechten Bewegung des Tisches geltend gemacht werden kann, dass das Ocular dabei immer in gleicher Höhe über dem Arbeitstische stehe und so dem Beobachter bezüglich der Haltung des Kopfes einige Bequemlichkeit gewähre, ist kaum beachtenswerth, da der Unterschied in der Erhebung oder Senkung des Oculares über die Tischoberfläche für die Körperstellung kaum merklich ist. Ich habe häufig mit Instrumenten beiderlei Art gearbeitet und konnte in dieser Beziehung demjenigen mit beweglichem Objecttische nie einen Vorzug abgewinnen. Der von Harting noch ausserdem angeführte Grund fällt meiner Ansicht nach ganz ausser Gewicht, da wohl kaum ein Mikroskopiker der Zeichnung oder Messung wegen sein Arbeitsmikroskop zu einem tragbaren Sonnenmikroskop umzuwandeln in Versuchung kommt. Es giebt Zeichen- und Messapparate genug, die alles leisten, was man in dieser Beziehung verlangen kann. Selbst bei den kleineren Instrumenten sollte man diese Bewegung, wenn es irgend angeht, vermeiden. Denn entweder erreicht man dadurch bei möglichster Stabilität des Objecttisches die feine Einstellung, welche hauptsächlich noch hier und da in dieser Weise angebracht wird, für stärkere Objectivsysteme nur unvollkommen, oder es bleibt dem Tische, wenn man die Einstellung möglichst vollkommen zu erreichen sucht, immer ein gewisses Federn, was bei dem geringsten Drucke der Hand höchst unangenehm wird. Endlich ändert sich bei beweglichem Objecttische mit jedem Wechsel der Einstellung die Beleuchtung, was zwar für geringere Vergrösserungen weniger in Betracht kommt, bei der Anwendung starker Objectivsysteme da-

gegen und bei sehr schwierigen Objecten nicht ohne Nachtheil ist. Es ist daher dankend anzuerkennen, dass viele Optiker auch in dieser Beziehung den Anforderungen der Mikroskopiker gerecht geworden sind und nicht nur bei ihren grösseren Instrumenten, sondern auch bei den mittleren und kleinen die feine Einstellung an dem Stative angebracht haben, wie namentlich Belthle bei seinem Nro. 3, Hartnack bei seinem Nro. 8 und Nro. 3, Zeiss in Jena sowie Nachet bei ihren sämmtlichen kleineren Instrumenten. Es wäre nur zu wünschen, dass man diesem Beispiele allgemein folgen möchte.

Mikroskopröhre. — Die Mikroskopröhre, dazu bestimmt, die Haupttheile des optischen Apparates, Objectivsystem und Ocular aufzunehmen, erhält durch diese Bestimmung ihre Construction ziemlich genau vorgezeichnet. Da es, wie bereits bei Besprechung der allgemeinen Grundsätze gezeigt wurde, in Bezug auf die Grösse sowohl als auch auf die sonstigen Eigenschaften des mikroskopischen Bildes durchaus nicht gleichgültig ist, in welcher Entfernung sich Objectiv und Ocular voneinander befinden, so wird hierdurch schon eine Grenze gezogen, über die man bei der Länge der Röhre weder hinaus- noch hinabgehen darf, wenn man möglichst vollkommene Bilder erhalten will. Bei einer sehr kurzen Röhre müsste dem Ocular ein weit bedeutenderer Theil der Vergrösserung überlassen bleiben, als bei einer längeren. Da es aber, wie oben schon dargethan, immer am vortheilhaftesten ist, den Hauptfactor der Vergrösserung in das Objectivsystem zu verlegen, so ist im Allgemeinen und soweit es andere Rücksichten gestatten, eine grössere Entfernung zwischen letzterem und dem Oculare, also eine längere Röhre vorzuziehen. Gegen ein sehr verkürztes Rohr spricht namentlich auch der Umstand, dass, nachdem ein gewisses Maass der Verkürzung überschritten ist, sich die Erscheinungen der beiden Abweichungen in um so höherem Grade geltend machen, je stärker die Annäherung zwischen Objectiv und Ocular ausfällt. In optischer Beziehung könnte geradezu der Grundsatz aufgestellt werden, dass der Röhre eine solche Länge gegeben werden solle, wie sie bei möglichster Ausdehnung des objectiven Bildes für ein deutliches und scharfes, von beiden Abweichungen hinreichend freies Bild am zuträglichsten erscheine. Auf der anderen Seite steht aber einer beliebigen und bedeutenden Länge des Rohres wieder ein gewichtiger Umstand entgegen, indem es für den täglich mit dem Mikroskope umgehenden Beobachter ganz und gar nicht gleichgültig ist, ob derselbe in der nach und nach sehr stark ermüdenden stehenden Körperstellung, oder ob er, was schon wegen des während der Beobachtung sich stets nothwendig machenden Anfertigens von Präparaten fast unbedingt vorzuziehen ist, sitzend arbeiten kann. Da es nun znm Zwecke bequemerer Handhabung der sonstigen bei mikroskopichen Untersuchungen in Betracht kommenden Utensilien erwünscht ist, an einem Tische von gewöhnlicher Höhe zu arbeiten, so darf das Mikroskop aus obigem Grunde

nicht zu weit über die Fläche des letzteren emporragen. Eine Höhe von etwa 300 bis 360^{mm}, wie sie z. B. die Instrumente von Kellner, Bénèche, Hartnack, Zeiss bei ausgezogenem Rohre besitzen, ist in dieser Beziehung ganz entsprechend, während bei Mikroskopen von so colossaler Höhe, wie die grossen Schiek'schen und Plössl'schen, welche etwa 450^{mm} über den Tisch emporstehen, ein Arbeiten im Sitzen gar nicht möglich ist. Es sollte daher billigerweise von den verschiedenen Optikern in dieser Beziehung die nöthige Rücksicht auf die Mikroskopiker genommen und dem optischen Apparate eine solche Einrichtung gegeben werden, dass die Röhrenlänge das Maass von 160 bis 200^{mm} nicht zu überschreiten brauche.

Zur Abhaltung solcher Lichtstrahlen, welche von dem Objectivsysteme aus in schiefer Richtung auf die innere Röhrenwand gelangen, von da aus in das Ocular reflectirt werden und dadurch das mikroskopische Bild benachtheiligen könnten, ist es unumgänglich nothwendig, dass sowohl an dem unteren Theile als auch in der Mitte des Rohres passende Blendungen angebracht werden. Hierbei ist vor Allem darauf zu sehen, dass dieselben enge genug sind, um die falschen Lichtstrahlen abzuschneiden, dagegen nicht das unmittelbar ins Ocular gelangende Lichtbündel beschränken. Eine Schwärzung des Innern der Röhre ist bei gehörigen Blendungen gerade nicht unbedingt nothwendig, erscheint indessen doch, namentlich für den unteren Theil bis zur mittleren Blendung, zweckmässig.

Ein Umstand, der von vielen Seiten kaum beachtet wird und auf welchen zuerst von Harting in genügender Weise aufmerksam gemacht wurde, erscheint bei der Construction der Mikroskopröhre nicht ohne Gewicht und dürfte wohl zu allgemeinerer Nachahmung zu empfehlen sein. Es ist dies die Zusammensetzung der Röhre aus zwei ineinander verschiebbaren — nicht abschraubbaren — Stücken, so dass der Abstand zwischen Objectivsystem und Ocular in gewissen durch die Wirkung der Abweichungen gebotenen Grenzen beliebig geändert werden kann. Man ist durch diese Vorrichtung im Stande, manche nicht unerhebliche Vortheile zu erreichen, auf welche man bei einer massiven Röhre verzichten muss. Als die praktisch wichtigsten sind folgende hervorzuheben. Man hat es auf diese Weise erstens in der Hand, die Vergrösserungen auf bestimmte runde Zahlen zu bringen, was namentlich bei mikrometrischen Messungen von Bedeutung ist. Es ist nämlich immer ein Uebelstand, wenn man die wahre Grösse des Objectes in einem Bruche mit zusammengesetztem Nenner ausdrücken muss, während Brüche mit den Nennern 50, 100, 200, 300 u. s. f. weit leichter zu behandeln sind. So z. B. ist es weit vorzuziehen, wenn man den Durchmesser eines Gegenstandes statt durch 47 oder 53, durch 50, statt durch 187 oder 209, durch 200 dividiren kann. Um nun die einmal gefundene Stellung des verschiebbaren Röhrentheils, bei welcher die Vergrösserung des Mikroskopes für ein bestimmtes Objectiv und Ocular einer der obigen Zahlen entspricht, ein-

für allemal festzuhalten, ist es zweckmässig, wie von Harting empfohlen, auf jenen eine Theilung einzuschneiden und dann eine Tabelle anzufertigen, in welcher, nach vorheriger genauer Bestimmung, die einander entsprechenden Zahlen dieser Theilung und der Vergrösserungen eingeschrieben werden. Zweitens bietet die Verschiebbarkeit der Röhre ein gutes Mittel, um den Einfluss verschieden dicker Deckgläschen auf das Hervortreten der Abweichungserscheinungen mindestens bis zu gewissem Grade zu beseitigen. Endlich ist dieselbe für solche Fälle vortheilhaft, in denen man Objectivsysteme eines Optikers mit den Ocularen eines anderen verbinden will, indem man in der Aenderung der Röhrenlänge, also in der Entfernung zwischen dem Objectivsysteme und Oculare ein Mittel zu etwa nothwendigen Correctionen besitzt und eine solche Combination auf den möglichst hohen Grad ihrer Wirkungsfähigkeit bringen kann.

Auch in Bezug auf die Compendiosität und Transportabilität des Mikroskopes bietet diese Einrichtung grosse Annehmlichkeiten dar, indem der Kasten meistens gut auf drei Viertel seiner sonst erforderlichen Länge verkürzt werden kann.

Einstellungsvorrichtungen. — Gehen wir zu den Mitteln für die Annäherung oder Entfernung des Objectivsystemes zu oder von dem Objecte über, so bleibt hierfür, da oben als Grundsatz festgestellt wurde, dass der Objecttisch feststehend sein solle, nur die Bewegung des Mikroskopkörpers, d. h. des Rohres übrig. Es fragt sich daher nur, in welchem Grade dieselbe ermöglicht sein muss und in welcher Weise sie ausgeführt werden soll. In ersterer Beziehung möchte wohl als allgemein gültig der Grundsatz aufzustellen sein, dass ein Mikroskop, welches zu der Mehrzahl der wissenschaftlichen Untersuchungen brauchbar sein soll, ausser einer schnell und in weiterem Umfange ausführbaren, senkrechten Bewegung auch eine solche im feinsten Grade gestatten, also eine doppelte, sogenannte grobe und feine Einstellung haben muss.

Die einfachste Art der groben Einstellung besteht in der von Oberhäuser, Bénèche, Zeiss, Nachet, Hasert u. A. angewendeten Verschiebbarkeit der Mikroskopröhre in einer federnden Hülse mittelst freier Hand. Ist genau gearbeitet, so dass sich die Röhre in der hinreichend langen Hülse sanft, mit dem nöthigen Halt und doch ohne zu grosse Reibung verschieben lässt, so genügt dieselbe für die schwächeren Systeme vollständig und kann selbst bei mittleren Systemen und bei gehöriger Uebung noch zur feinen Einstellung benutzt werden. Da sie ausserdem von den gleich zu besprechenden Fehlern, welche der Einstellung durch Zahn und Trieb anhaften, frei ist, so möchte sie dieser fast vorzuziehen sein. Ich wenigstens wüsste, ausser etwa der leichteren Handhabung (mittelst nur einer Hand) der letzteren keinen besonderen Vorzug zuzuerkennen, obgleich ich beide Einstellungsweisen seit lange nebeneinander benutzt habe. Von den von H. v. Mohl angeführten Nachtheilen, dass sich nämlich bei langem Gebrauche die Röhre durch anhängenden Schmutz

zu schwer, oder nach dessen Entfernung in Folge der Abnutzung des Messings zu leicht verschieben lasse, ist mir bei meinen Instrumenten von Oberhäuser und Bénèche keiner in fühlbarem Grade bemerklich geworden.

Die Einstellung durch Zahn und Trieb verlangt, wenn sie vollkommen sein soll, sehr grosse Sorgfalt in ihrer mechanischen Ausführung. Namentlich muss die gezahnte Stange sehr gleichmässig geschnitten sein, ebenso der Trieb, damit er nicht nur sanft und leicht wirke, sondern auch bei gleicher Drehung des Knopfes immer gleiche Hebung hervorbringe. Die Hauptfehler, mit deren einem oder dem anderen ich selbst bei sonst ganz ausgezeichnet gearbeiteten Instrumenten die Einstellung durch Zahnstange und Trieb behaftet gefunden habe, sind drei, das Federn, der todte Gang und die Verrückung des Objectes aus dem Gesichtsfelde.

Durch das Federn wird die Einstellung insofern unvollkommen, als das Object, welches genau eingestellt schien, so lange die Hand auf dem geränderten Knopfe ruhte, plötzlich aus dem Focus verschwindet, sobald man die Hand entfernt, und wiederholte Einstellung nöthig macht. Die Ursache dieses Fehlers kann theilweise in der Ausführung der Arbeit liegen und lässt sich derselbe dann allerdings nicht leicht entfernen. Häufig liegt sie aber auch gar nicht in der groben, sondern in der an dem gleichen Stativtheile und gewöhnlich unterhalb der groben Einstellung angebrachten feinen Einstellung, indem die Spannfeder entweder im Ganzen etwas schwach ist oder einzelne Stellen derselben ungleiche Spannkraft haben. Dadurch wird dieselbe in Folge des bei der groben Einstellung angewendeten Druckes leicht etwas zusammengedrückt und dehnt sich wieder aus, sobald der erstere nachlässt. Hier lässt sich der Fehler allerdings etwas verbessern, indem man bei der groben Einstellung vorsichtig jeden unnöthigen Druck vermeidet und die Hand nur ganz leicht an dem Schraubenknopf spielen lässt. Am besten wäre es freilich, die beiden Einstellungen möglichst auseinanderzuhalten, damit der Druck auf die Feder der Mikrometerschraube verhütet würde. Zu dem Ende könnte man, statt beide unmittelbar übereinander anzubringen, etwa die grobe Einstellung am Rohre, die feine in der Säule wirken lassen. Der todte Gang giebt sich dadurch zu erkennen, dass man den geränderten Schraubenknopf etwas nach der einen oder der anderen Richtung bewegen kann, ohne dass sich die Röhre hebt oder senkt, dann aber bei der Annäherung an das Object plötzlich und mit einem Rucke weiter nach unten rückt, als beabsichtigt und nothwendig ist. Dieser Fehler liegt, wenn er bei einem neuen Instrumente vorkommt, immer an ungenauer Arbeit. Oft zeigt er sich aber erst nach langem Gebrauche und rührt dann entweder von Ausführung der Stange und des Triebes, oder von einer Lockerung der Schrauben her, welche den letzteren gegen die erstere andrücken. In diesem Falle kann er leicht verbessert werden, wenn man diese Schrauben fester anzieht. Die Ver-

rückung des Objects aus dem Gesichtsfelde rührt immer von nachlässiger Arbeit her, indem Trieb und Stange weder gleichmässig geschnitten, noch Hülse und Stange genau ineinandergepasst sind. Dadurch wird während der Einstellung ein Schlottern hervorgerufen, wodurch die Röhre aus der optischen Achse rückt.

Die feine Einstellung wird durch eine Mikrometerschraube bewirkt und sollte womöglich immer den Körper, nicht den Objecttisch bewegen. Obwohl für schwache und selbst für mittlere Vergrösserungen nicht unbedingt nothwendig, ist sie doch für die stärkeren Vergrösserungen und namentlich auch zur genauesten Durchforschung feinerer Structurverhältnisse, welche häufig die allerfeinsten Abänderungen in der Einstellung nothwendig machen, unentbehrlich. Auch bei ihr sind so ziemlich dieselben Fehler zu vermeiden wie bei der groben Einstellung; namentlich aber ist der letzte mit aller Sorgfalt fern zu halten. Derselbe macht sich wohl hier und da noch bemerklich, wenn nicht die einander entsprechenden Theile, Säule und Hohlcylinder, vollkommen gleichmässig gearbeitet und auf das Genaueste ineinandergeschliffen sind. Am bewährtesten hat sich mir stets die Construction gezeigt, wo sich, wie bei den Oberhäuser'schen und ihnen nachgebildeten Stativen, eine genau eingeschliffene Rundsäule oder noch besser eine dreikantige Säule in einem entsprechenden Hohlcylinder bewegt, und scheint dieselbe auch nach und nach mit ein oder der anderen unwesentlichen Abänderung allgemein Eingang zu finden. Ganz verwerflich scheint mir die von manchen englischen und amerikanischen Optikern gewählte Einrichtung, wobei die feine Einstellung durch die Bewegung einer besonderen Röhre bewirkt wird, in der das Objectivsystem befestigt ist. Durch diese Art der Einstellung ändert sich nämlich immer die Entfernung zwischen Objectivsystem und Ocular, und somit die Vergrösserung; ebenso tritt eine Störung in der Verbesserung der Abweichungen ein, welche bei den starken Objectivsystemen sich fühlbar macht und fortwährende Correctionen veranlasst. Die Aenderung der Vergrösserung, welche im Allgemeinen wohl kaum ins Gewicht fallen würde, macht sich namentlich bei feineren mikroskopischen Messungen störend geltend.

Neigung des Mikroskopkörpers. — Zum Schlusse kann ich nicht umhin, mit einigen Worten die Frage zu berühren, ob die horizontale oder senkrechte Stellung der Mikroskopröhre vorzuziehen sei. Die horizontale Stellung wird namentlich von den englischen Mikroskopikern angerathen und finden sich daher alle englischen Mikroskope mit der Einrichtung zum Horizontalstellen versehen. In Deutschland fanden die Engländer nur vereinzelt Nachahmung und wird in der Regel von unseren Optikern die Horizontalstellung nur auf besonderes Verlangen ausgeführt. Sollte diese Stellung auch in der That einen oder den anderen der von den Engländern hervorgehobenen Vortheile gewähren, was ich z. B. in Bezug auf den Gesundheitszustand der Augen sehr bezweifle, so bietet sie doch gerade für dauernde mikroskopische Beob-

achtungen eine Menge von Nachtheilen, und ist somit vom Standpunkte des praktischen Mikroskopikers die Frage leicht zu entscheiden. Die meisten anatomischen Untersuchungen verlangen eine Beobachtung des betreffenden Gegenstandes unter Wasser oder unter dem Einflusse irgend anderer Flüssigkeiten und Reagentien. Diese aber lässt sich entschieden nur bei horizontaler Stellung des Objecttisches ausführen. Hierdurch ist also die senkrechte Stellung als Regel gefordert, wenn man nicht etwa ein Prisma in einer rechtwinklig gebrochenen Röhre einschieben will, wodurch jedoch ein nicht unbedeutender Verlust an Licht sowie eine Verkleinerung des Gesichtsfeldes herbeigeführt wird. Für die horizontale Stellung bleiben somit nur solche Einzelfälle, wo trockene Objecte oder hermetisch verschlossene Präparate beobachtet werden sollen. Selbst hierfür aber erfordert der Objecttisch besondere Vorrichtungen zum Festhalten des Gegenstandes, welche denselben mit Klammern und dergleichen überladen würden, was weiter oben schon als verwerflich hervorgehoben wurde. Abgesehen von allem anderen aber ist es auch, wie schon Hugo v. Mohl mit Nachdruck hervorgehoben hat, zunächst weit bequemer und wegen der Lage von Kopf und Rücken weit weniger ermüdend, in ein senkrecht stehendes, als in ein horizontal stehendes Mikroskop zu sehen. Dann kann bei ersterer Stellung weit leichter und ohne künstliche Vorrichtungen fremdes Licht vom Auge abgehalten werden, als bei letzterer. Das Licht immer von der linken Seite oder gar etwas von hinten auf den Spiegel fallen zu lassen, wie es englische Mikrographen anrathen, ist auch wenig thunlich, indem alsdann, wie jeder Beobachter weiss, bei den während der Untersuchung stets vorzunehmenden Manipulationen auf dem Objecttische das Licht durch die Bewegung der Arme und Hände häufig theilweise abgeschnitten und das Gesichtsfeld verdunkelt werden würde.

Was endlich die besonders oft hervorgehobene Nothwendigkeit der horizontalen Stellung zum Zwecke des Nachzeichnens mikroskopischer Objecte betrifft, so ist dieselbe keineswegs in dem Grade vorhanden, als es auf den ersten Anblick scheinen möchte. Erstlich wäre hierfür kaum eine andere Einrichtung möglich als eine gebogene Röhre mit Prisma, da die meisten unserer Objecte in dem Zustande gezeichnet werden müssen, wo sie der Beobachtung unterliegen, der Tisch also in seiner horizontalen Stellung zu belassen ist. Dann aber hat man es ja in seiner Gewalt, jene Zeichenapparate, welche eine horizontale Stellung verlangen, durch solche zu vertauschen, welche bei senkrechter Stellung des Mikroskopes zu zeichnen erlauben. In dieser Beziehung genügt z. B. schon recht gut das später zu beschreibende Gerling'sche Zeichenprisma, noch besser aber die Camera lucida von Oberhäuser und namentlich der von Nobert erfundene, von Nachet verbesserte Zeichenapparat, den man sich nöthigenfalls selbst ohne weitere Kosten und mit Hilfe von ein paar Stückchen Holz, einem der dünnsten Deckgläschen und einem kleinen Spiegelchen ausführen kann.

DRITTER ABSCHNITT.

DAS OPTISCHE VERMÖGEN DES MIKROSKOPES UND DESSEN PRÜFUNG.

I. Hauptfactoren des optischen Vermögens.

Die drei Hauptfactoren des optischen Vermögens eines Mikroskopes werden gebildet von der Brennweite, der Verbesserung beider Abweichungen und vom Oeffnungswinkel der Objectivsysteme. Hierzu kommen noch als mitbestimmend die genaue Centrirung, die Vollkommenheit der Politur der Linsen und die fehlerfreie Beschaffenheit des Glases, aus welchem dieselben verfertigt wurden.

Von der Brennweite der Objectivsysteme hängt bekanntlich die in ziemlich weite Grenzen eingeschlossene Vergrösserung eines Mikroskopes ab und es steigt dieselbe fast in gleichem Maasse, als jene verkürzt wird. Ueber die Bestimmung der Brennweite zusammengesetzter Linsensysteme ist bereits das Nöthige in Abschnitt I, Seite 16 u. f. vorgebracht worden und kann daher hier um so eher darüber hinaus gegangen werden, als wir in dem Nachfolgenden über die Art und Weise, wie über die Mittel zur Bestimmung der aus mehreren Factoren zusammengesetzten Vergrösserung weitläufiger zu handeln haben werden.

Die Verbesserung der chromatischen und sphärischen Abweichung ist für die Güte und Leistungsfähigkeit eines Mikroskopes von hoher Wichtigkeit. Namentlich macht sich die sphärische Abweichung in bedeutendem Maasse als Fehlerquelle geltend, indem dadurch die Schärfe der Umrisse und die Bestimmtheit in der Zeichnung eines mikroskopischen Objectes aufgehoben wird. Durch möglichst vollkommene mit der Wirkung des Oculares in Uebereinstimmung gebrachte Verbesserung dieser Abweichung über den ganzen wirksamen Theil der Objectivsysteme wird vorzugsweise das sogenannte Begrenzungsvermögen (Definition) er-

zielt und erhöht, was für den Gebrauch des Mikroskopes von hoher Wichtigkeit ist. In Folge der hohen Entwicklung dieses Vermögens erscheinen nämlich nicht nur die mikroskopischen Objecte im Allgemeinen von bestimmten, klaren, scharfen und tiefen, d. h. möglichst dunkeln Linien begrenzt, sondern es steigt mit ihr auch die Möglichkeit, äusserst kleine Gegenstände ihrer Form nach bestimmt zu erkennen und die feineren und feinsten Structurunterschiede eines zarten Objectes auf das deutlichste und klarste wahrzunehmen. Einen weniger erheblichen Einfluss als die vorhergehende, äussert die chromatische Abweichung auf das Begrenzungsvermögen. Zwar werden in dieser Beziehung vernachlässigte Systeme niemals ein so scharf umschriebenes und klares Bild gewähren, als solche, welche auf beide Abweichungen möglichst vollkommen verbessert sind. Ist indessen die sphärische Abweichung in dem höchst möglichen Grade aufgehoben, so kann immer noch etwas Farbenzerstreuung vorhanden sein, ohne dass in gleichem Verhältnisse und in sehr merklichem Grade an Begrenzungsvermögen verloren geht. Ich habe Gelegenheit gehabt, solche Systeme zu untersuchen und mich vollkommen von dieser Thatsache überzeugt. Viele derselben gaben zwar ein von Farbe nicht ganz freies, aber doch ganz scharf begrenztes und sonst klares Bild. Andere Systeme, bei denen noch ein hoher Grad von Farbenzerstreuung geblieben war, so dass die Ränder des Objectes von starken Farbensäumen umgeben erschienen, zeigten sich allerdings fast unbrauchbar für feinere anatomische Untersuchungen, indem nicht genügende Bestimmtheit und Klarheit des Bildes vorhanden war. Es sollten daher unsere Optiker die Verbesserung der Farbenzerstreuung nicht in dem Grade vernachlässigen, wie es von mancher Seite zu Gunsten eines sehr grossen Oeffnungswinkels geschieht. Allerdings scheinen dieselben durch die Anforderungen von Seiten solcher Mikroskopiker — und deren Zahl scheint gerade nicht klein! — auf diesen Weg gedrängt zu sein, welche ein allzugrosses Gewicht auf die meiner Ansicht nach weit überschätzte, durch schiefen Lichteinfall erzielte Sichtbarmachung der Zeichnungen auf den Kieselschalen der Diatomaceen legen, ohne die Brauchbarkeit eines Objectivsystemes für allgemein wissenschaftliche Zwecke gehörig ins Auge zu fassen. Um nach beiden Seiten gerecht zu werden, bleibt, da es bei schwächeren Systemen, zu geringerem Preis den Optikern kaum zuzumuthen ist, neben der Vergrösserung der Winkelöffnung auch die möglichst vollkommene Verbesserung der chromatischen Abweichung zu erstreben, nur übrig, den Weg zu betreten, welchen bereits Bénèche in Berlin, Belthle in Wetzlar, sowie Smith und Bek in London eingeschlagen haben, und zwei Sätze von solchen schwächeren und mittleren Objectiven anzufertigen, von denen die einen bei schwächerer Winkelöffnung vollkommene Correction, die anderen aber eine bedeutende Winkelöffnung besitzen.

Prüfung der sphärischen Abweichung. — Zur Prüfung der Verbesserung der sphärischen Abweichung sind mehrere Mittel vorgeschlagen

worden, welche ihrem Zwecke alle auf mehr oder minder vollkommene Weise entsprechen, welche aber auch, zumal da ihre Anwendung immer umständlich ist, für den geübten praktischen Mikroskopiker ganz gut entbehrt werden können, da alle später beschriebenen Probeobjecte in der Schärfe und Klarheit ihrer Zeichnung einen hinreichend sicheren Maassstab dafür gewähren, inwieweit dieselbe vorhanden ist oder fehlt. Die sichersten Resultate erhält man für diese specielle Seite des optischen Vermögens und für schwächere Objectivsysteme mittelst des von Lister (phil. transactions 1830) und Dr. Goring (micr. cabinet pag. 197, micr. illustrations pag. 270) und nach ihnen von anderen Mikrographen empfohlenen Verfahrens, wobei das von einem kleinen Quecksilbertropfen gespiegelte Bild eines Fensters als helles Object auf dunklem Hintergrunde benutzt wird. Solche Quecksilberkügelchen von verschiedener Grösse und selbst von solcher Kleinheit, dass man sie kaum noch mittelst des blossen Auges wahrnehmen kann, erhält man leicht, wenn gereinigtes Quecksilber in einem Gefässe mit Wasser geschüttelt wird.

Ein paar solcher Kügelchen bringt man dann auf einer matten, schwarzen Unterlage, wozu entweder ein Täfelchen aus Ebenholz oder aus Glas mit matt geschliffener Oberfläche dienen kann, unter das mehrere Fusse vom Fenster entfernt aufgestellte Mikroskop, indem man für die Prüfung der stärkeren Vergrösserungen die allerkleinsten, für die der schwächern etwas grössere Kügelchen auswählt. Hat man ein Objectivsystem zu prüfen, welches zur Benutzung ohne Deckglas bestimmt ist, so kann man unmittelbar zur Untersuchung schreiten, bei solchen Systemen hingegen, welche ein Deckglas erfordern, muss man, bevor zu deren Prüfung geschritten wird, ein solches von passender Dicke vor der vordersten Linse befestigen, was höchst einfach mittelst ein wenig Wachses bewerkstelligt werden kann. Betrachtet man nun eines der Fensterbildchen, so müssen sich, wenn von den durch die chromatische Abweichung hervorgerufenen Erscheinungen vorerst ganz abgesehen wird, für den Fall, dass die sphärische Abweichung des betreffenden Objectivsystemes möglichst vollkommen corrigirt sein soll, folgende Erscheinungen zu erkennen geben. Ist das Bildchen genau im Focus, so muss dasselbe vollkommen scharf begrenzt und frei von jedem umgebenden Lichtsaum oder Lichtnebel erscheinen. Nähert man hierauf das Objectiv dem Objecte, so dass sich dies innerhalb der Brennweite befindet, so verschwindet das Bildchen während der Annäherung schnell und breitet sich in eine helle Lichtscheibe aus, die zwar nicht scharf begrenzt ist, aber dennoch von keinem Lichtnebel umgeben sein darf. Bei der Entfernung des Objectives, wodurch das Bildchen ausserhalb des Focus gebracht wird, zeigt sich ganz dasselbe, nur dass die Lichtscheibe etwas weniger erhellt ist. Erscheint dagegen das Bildchen des Fensters, wenn es sich genau im Focus befindet, von einem mehr oder minder starken Lichtnebel umgeben, so ist dies ein bestimmtes Zeichen von mangelhafter Verbesserung der sphärischen Abweichung und es lässt sich dann durch Aenderung der Einstellung be-

stimmen, ob Ueber- oder Unterverbesserung vorhanden ist. Im ersteren Falle breitet sich, wenn man das Objectiv dem Quecksilbertropfen nähert, das Fensterbildchen allmälig in die oben erwähnte Lichtscheibe aus, in deren Mitte aber seine Umrisse noch einige Zeit sichtbar bleiben; es verschwindet dagegen fast sofort, indem sich der umgebende Lichtnebel erst zusammenzieht und dann in die Lichtscheibe übergeht, wenn man das Objectiv von dem Quecksilbertropfen entfernt. Ganz entgegengesetzte Erscheinungen finden für eine vorhandene Unterverbesserung statt. Moser (Repert. d. Physik. V, 399) empfiehlt statt der Kügelchen einen dünnen in ein feines Haarröhrchen eingeschmolzenen Quecksilberfaden zur Prüfung der Aberrationserscheinungen. Ein solcher bietet in der That einige Vortheile. Zunächst lässt sich derselbe besser bei den stärkeren Objectivsystemen verwenden, als die Kügelchen. Dann kann man ihn leicht, gleich einem anderen Probeobjecte, auf einem Objectträger befestigen, so dass er im Falle des Bedürfnisses stets zur Hand ist. Man muss dabei nur Sorge tragen, dass erstens die Wand des Röhrchens möglichst dünn ausfällt und die Dicke der dünneren Deckgläschen gar nicht oder doch nicht viel überschreitet, und dass man bei der Anwendung die Wanddicke gehörig in Rechnung zieht und, wo eine stärkere Deckglasdicke nöthig ist, durch Auflegen ergänzender Deckgläschen nachhilft.

Für die stärksten Objectivsysteme mit sehr kurzer Brennweite verlieren indessen beide genannten Objecte ihre Anwendbarkeit, indem die durch das Fenster tretenden Lichtstrahlen in Folge des vorstehenden Randes der ersteren von der Oberfläche des Quecksilbers soweit abgeschnitten werden, dass kein Bild des Fensters mehr zur Abspiegelung gelangen kann. Für diesen Fall hat Hasting (Quarterly. Journ. of micr. science I, 292) die Anwendung kleiner Luftblasen vorgeschlagen, welche sich in dickflüssigen Substanzen, wie Eiweiss, Gummischleim u. dgl., leicht erzeugen lassen, wenn man dieselben mit Luft in einem Gefässe schüttelt, und scharfe Bildchen von allen jenen Gegenständen liefern, welche von dem ebenen Spiegel reflectirt werden. Diese Methode giebt indessen für die stärkeren Objectivsysteme niemals so genaue Resultate, als die vorige für schwächere Systeme. Es sind nämlich hier die Erscheinungen der sphärischen Abweichung viel schwieriger zu erkennen, weil man die Bildchen nicht auf einem dunkeln, sondern auf einem mehr oder minder erleuchteten Hintergrunde sieht. Weit zweckmässiger fand ich bei meinen einschlägigen Untersuchungen für die starken und stärksten Systeme das von Harting (Das Mikroskop Seite 258) empfohlene Verfahren, obgleich dabei die Entstehung der feinen Figuren nicht immer einschlägt. Es besteht darin, dass man eine Glastafel so lange in die Flamme einer Kerze oder Lampe hält, bis sich auf derselben eine nicht zu dicke Kohlenschicht abgesetzt hat. Die so vorbereitete Glastafel bringt man dann noch warm unter das Mikroskop und man wird finden, wie sich die anfangs gleichmässige Kohlenschicht allmälig in eine grosse Anzahl kleiner unregelmässiger Vielecke zertheilt, welche von höchst feinen, beinahe geraden Linien

begrenzt erscheinen. Letztere bieten dann in der schwarzen Fläche hinreichend kleine leuchtende Flächen, an denen man den Grad und die Art der Verbesserung der sphärischen Abweichung mit genügender Schärfe in folgender Weise ermitteln kann. Bei möglichst vollkommen gehobener Abweichung erscheinen die Ränder der feinen Zwischenräume vollständig scharf gegen die schwarze Fläche abgeschnitten, ohne dass sich von ihren Rändern aus ein Lichtnebel in den dunkeln Theil des Gesichtsfeldes ausbreitet. Nähert oder entfernt man die Mikroskopröhre, so breitet sich zwar das Bild aus und seine Ränder verlieren an Schärfe, ohne dass es aber von einem Lichtnebel umsäumt wird. Bei einem überverbesserten Objectivsysteme breitet sich, wenn man dieses dem Objecte durch Senken des Tubus näher bringt, sowohl nach Innen wie nach Aussen von den leuchtenden Umrissen der Zeichnung ein starker Lichtnebel aus, durch welchen man noch einige Zeit die ursprüngliche Figur hindurchschimmern sieht; dagegen sieht man das Gesichtsfeld völlig verdunkelt und die scharf begrenzte Zeichnung nur heller umrandet, wenn die leuchtende Fläche ausserhalb des Focus gebracht wird. Unterverbesserte Objectivsysteme lassen bei tieferer und höherer Einstellung natürlich die entgegengesetzten Erscheinungen wahrnehmen. Ganz gleiche Dienste leisten die kleinen Sprünge, welche beim Trocknen in einer dick auf einer Glastafel aufgetragenen Schicht chinesischen Tusches entstehen, ebenso die sehr kleinen Poren in den Parenchymzellen mancher Pflanzen, wenn man die letzteren mittelst Jod und Schwefelsäure tief blau färbt.

In gleicher Weise wie diese auf natürlichem Wege hervorgebrachten feinen Zeichnungen wurden von Goring die Betrachtung künstlicher weisser Figuren auf schwarzem Grunde für auffallendes Licht, von H. v. Mohl ähnliche kleine, durchsichtige künstliche Figuren, welche mittelst einer feinen Nadel in die auf einer Glastafel aufgetragene dicke Lage von Tusch einradirt werden können, für durchfallendes Licht angewendet. Beide Mittel stehen indessen an Empfindlichkeit den natürlich entstandenen Figuren insofern nach, als sie nie so scharfe Umrisse besitzen und sich ihrer Grösse halber weniger gut zur Prüfung stärkerer, als schwächerer Objectivsysteme verwenden lassen.

Die eben beschriebenen Versuche werden sämmtlich in der Weise angestellt, dass man dem Objectivsystem einen Lichtkegel zuleitet, welcher dessen Oeffnung ganz oder doch zum grossen Theile ausfüllt, wobei die senkrechte Verstellbarkeit des Spiegels, sowie die früher erwähnte achromatische Beleuchtungslinse gute Dienste leisten. Man kann sonach mittelst derselben nur eine Entscheidung darüber fällen, ob die betreffende Linsencombination überhaupt Mängel in der Verbesserung der sphärischen Abweichung besitze und ob etwa Ueber- oder Unterverbesserung vorhanden sei, ohne aber die Grundlagen zu einem Urtheile darüber zu besitzen, welche Theile des Objectivsystemes mit einer mangelhaften Verbesserung behaftet sind. Um zu entscheiden, ob etwaige Mängel nur dem mittleren Theile oder nur den Randzonen des Objectives

angehören, muss man entweder die Randstrahlen oder die Centralstrahlen des die Beleuchtung des Gesichtsfeldes bewirkenden Lichtkegels abschneiden. Ersteres kann man durch Anwendung enger Blendungen und, wo diese vorhanden sind, durch entsprechendes Herabziehen der Cylinderblenden bewirken. Den Ausschluss der Centralstrahlen gestatten dagegen die dunklen, Seite 55 besprochenen Scheibenblendungen.

Hätte man etwa gefunden, dass die leuchtende Figur der geschwärzten Prüfungstafel mit einem Lichtnebel umgeben, also das betreffende System nicht hinreichend verbessert wäre, und es verschwindet dieser Nebel nach der Beschränkung des einfallenden Lichtkegels auf die mittleren Strahlen, so darf man die sphärische Abweichung als nur in den Randpartieen des Objectives vorhanden annehmen. Würde der Lichtnebel dagegen auch jetzt noch bleiben und erst dann verschwinden, wenn man die mittleren Strahlen des Lichtkegels abgeschnitten hätte, so würde dieses Verhalten anzeigen, dass der Correctionsfehler seinen Sitz in dem mittleren Theile des Objectivsystemes habe.

Sind nun durch eine oder die andere Verfahrungsweise Fehler an einem Mikroskope gefunden, so kann man dieselben in der Regel durch Anbringung passender Correctionen, z. B. in der geeigneten Beschränkung des das Gesichtsfeld erhellenden Lichtkegels, in der Aenderung der Röhrenlänge u. dgl. wenigstens theilweise verbessern. Ein sehr gutes Mittel für solche Verbesserungen bietet namentlich auch die Anwendung passend dicker Deckgläser. Aus dem oben, Abschnitt II, Seite 32 geschilderten Einflusse der Deckgläschen geht nämlich hervor, dass Unterverbesserung der sphärischen Abweichung durch die Anwendung eines die normale Dicke überschreitenden, Ueberverbesserung durch die Anwendung eines hinter jener zurückbleibenden Deckglases in das erforderliche Gleichgewicht gebracht werden kann.

Prüfung der chromatischen Abweichung. — Zur Prüfung der chromatischen Abweichung lassen sich die Bildchen auf Luftblasen oder Quecksilberkügelchen gleichfalls verwenden und kann man zu diesem Behufe immer etwas grössere Kügelchen auswählen, wie zur Prüfung der sphärischen Abweichung. Hier muss man aber vor Allem im Auge behalten, dass die chromatische Abweichung niemals ganz aufgehoben werden kann und dass selbst bei möglichst vollkommen corrigirten Systemen immer noch die Farben des secundären Spectrums übrig bleiben. Dann ist zu beachten, dass die Systeme aus den oben schon angegebenen Gründen und weil sich eben bei so kleinen Linsen, wie zu dem Mikroskop-Objective verwendet werden, die Farbenzerstreuung nicht einmal mit Sicherheit bis zu dem eben genannten Grade beseitigen lässt, in der Regel etwas über- oder in seltenen Fällen etwas unterverbessert sind. Betrachtet man daher das Fensterbildchen auf dem Quecksilbertropfen durch ein gutes achromatisches Mikroskop, so wird dasselbe immer einige, wenn auch höchst geringe Spuren von Farbe zeigen, die indessen nur für diese hellen Bildchen auf vollkommen dunklem oder doch stark verdunkeltem Hinter-

grunde bemerkbar sind. Organische Körper sind für diesen Fall der Verbesserung an ihren Rändern ganz frei von Farbe. Bringt man nach diesem ersten Versuche das Objectiv dem Objecte näher, so dass dieses innerhalb der normalen Focalweite zu liegen kommt, so wird die oben erwähnte Lichtscheibe für den Fall, als das System überverbessert ist, von einem violetten in blau übergehenden, wenn man dagegen das Objectiv über den normalen Focalabstand hinaus vom Objecte entfernt, von einem rothen ins gelbroth übergehenden Saume umgeben erscheinen. Bei solchen Objectivsystemen, welche unterverbessert sind, werden sich dagegen beim Nähern oder Entfernen des Objectivsystemes gegen das Bildchen die entgegengesetzten Farbenerscheinungen zeigen. Will man noch weiter gehen und etwa noch Fehler in der Farbenabweichung entdecken, welche bei gerader Beleuchtung gar nicht oder kaum hervortreten, so darf man sich nur zur schiefen Beleuchtung wenden. Betrachtet man eine auf einem dunklem Grunde gezogene helle Linie, welche senkrecht zu den schief einfallenden Strahlen steht, mittelst eines chromatisch überverbesserten Systemes, so wird der linke Rand einen violetten oder blauen, der rechte einen rothen oder gelbrothen Saum erhalten, wenn das schiefe Licht von der rechten Seite einfällt und umgekehrt. Bei einem unterverbesserten Systeme aber werden sich diese Erscheinungen unter den vorausgesetzten Bedingungen gerade entgegengesetzt verhalten. Inwieweit bei einem Mikroskop die Correction der Farbenabweichung von dem Höhepunkte entfernt geblieben ist, kann nur durch das Mehr oder Minder in der Ausdehnung des Farbensaumes entschieden werden. Zur Prüfung des Grades der Freiheit von chromatischer Abweichung gebe ich daher den organischen Probeobjecten vor dem genannten bei weitem den Vorzug, indem die empfindlicheren derselben den sichersten Maassstab zur Schätzung abgeben, inwieweit die übrig gebliebene Farbenzerstreuung die praktische Brauchbarkeit eines Instrumentes beeinflusst oder nicht. Ich halte in dieser Beziehung namentlich höchst zarte Quer- oder Längsschnitte von Nadel- und Laubholzarten, sowie die mit Wasser benetzten Stärkemehlkörner der Kartoffel für ganz ausgezeichnete und höchst empfindliche Probeobjecte, wüsste aber kaum, ob den letztern ein Vorzug vor den erstern gebührt, wie dies neuestens von Pohl (Sitzungsbericht der k. k. Akad. Bd. XI, 63, 1860) behauptet wurde.

Ich habe auf Tafel I., Fig. 1 bis 8, das Verhalten beider Probeobjecte gegen verschiedene, mir zur Verfügung stehende Objectivsysteme dargestellt und wird sich in denselben ein hinreichender Maassstab zur Beurtheilung des auch für die feinsten histiologischen Untersuchungen zu beanspruchenden Achromatismus eines Mikroskopes finden.

Bei Benutzung eines möglichst vollkommen achromatischen Linsensystemes mit farblosem Gesichtsfeld erscheint die Zellwand der zarten Quer- und Längsschnitte von *Pinus sylvestris* (Fig. 1) (Wurzelholz), ebenso das Stärkekorn (Fig. 5) vollkommen farblos; der Porenkanal auf dem Längsschnitt von Pinus ist vollkommen klar und fein umgrenzt, ohne alle Farben-

säume. Die Figuren 2 u. 6 sind durch ein etwas weniger vollkommnes System beobachtet; die gelbliche Färbung der Zellstoff- und Stärkeschichten ist kaum merklich, aber doch vorhanden *), die Grenzlinie des Netzwerkes und des Kornes ist etwas stärker gezogen, aber immer noch ohne merkbaren Farbensaum. In den Fig. 3 u. 7 hat die gelbliche Färbung der Zellwand und Stärke etwas zugenommen, ohne dass noch störende Farbensäume auftreten; Fig. 4 u. 8 dagegen zeigen neben einer stärker gelblichen Färbung auch letztere in merklichem Grade. Hier ist schon die Grenze überschritten, an der unsere Optiker Halt machen sollten. Noch stärker in dieser Beziehung versäumte Systeme sind absolut unbrauchbar für alle echt wissenschaftlichen Untersuchungen, wenn sie auch die Streifensysteme auf den Kieselschalen der Diatomaceen schon bei sehr geringer Vergrösserung zeigen. Haben letztere überhaupt einen wissenschaftlichen — und dann nur systematischen — Werth, so ist derselbe doch jedenfalls zu gering, um ihretwillen die Mehrzahl der weit wichtigern Beobachtungsfälle ausser Acht zu setzen. Für die meisten organischen Beobachtungen ist es durchaus nicht hinreichend, dass man etwas sehe, sondern es ist auch von grosser Wichtigkeit, wie man es sehe. Anderer Meinung kann nur derjenige sein, der sich entweder gar nicht oder nur höchst einseitig mit mikroskopisch-anatomischen Untersuchungen beschäftigt hat.

Fig. 42.

Oeffnungswinkel der Objectivsysteme. — Der Oeffnungswinkel eines Objectivsystemes wird gebildet durch diejenigen Strahlen, welche von dem Brennpunkte aus so auf die vordere Linsenfläche treffen, dass dieselben durch das ganze Linsensystem hindurchgehen können. Als Maass desselben denjenigen Winkel anzunehmen, welcher durch die äussersten der noch auf die vorderste Linsenfläche treffenden Strahlen gebildet wird, ist unbedingt fehlerhaft und ergiebt einen viel zu hohen Werth. Seien z. B. in Fig. 42 *A*, *B* und *C* die drei Linsen eines Objectivsystemes, *p* der Brennpunkt, *po* und *pg* die beiden äussersten noch auf die vordere Fläche der Linse *C* treffenden Strahlen, so werden dieselben nach ihrem Durchgange durch die vorderste Linse und nach den in derselben, sowie bei ihrem Austritte in die Luft erlittenen Brechungen entweder gar nicht mehr auf die anderen Linsen treffen, oder, wegen der an den Randstrahlen der Linsen schwer zu hebenden Abweichungen, doch nicht mehr zur Erzeugung des objectiven Bildes in erforderlichem Grade nutzbar sein, falls der Durchmesser dieser Linsen denjenigen der vorderen nicht in bestimmten Verhältnissen übertrifft. Es wird daher immer nur derjenige Theil des auf die vordere Linse fallenden Lichtkegels als wirksam betrachtet werden

*) Diese Erscheinung gehört indessen nicht hierher und wird später erörtert werden.

können, dessen Strahlen nach ihrem Durchgange durch das ganze System sich in dem zwischen den beiden Punkten *s* und *r* eingeschlossenen Strahlenbündel befinden, so dass also der Oeffnungswinkel des in der Figur im Durchschnitt dargestellten Systemes durch die beiden Strahlen *pe* und *pf* bestimmt wird. Dieser Winkel *epf* lässt sich dann ganz auf dieselbe Weise ermitteln, wie dies bei der Bestimmung des Oeffnungswinkels einer Linse Seite 7 und 8 angegeben worden ist. Durch die Verbindung des Objectivsystemes mit dem Oculare ändert sich jedoch der Werth des Oeffnungswinkels wieder in gewissem, wenn auch nur geringem Maasse, indem die auf dem Objectivsysteme austretenden Strahlen so divergiren müssen, dass sie noch auf den nutzbaren Theil der Collectivlinse des Oculares treffen. Es wird daher zur genauen Kenntniss derselben nothwendig, eine directe Messung des Oeffnungswinkels der gesammten Linsenverbindung von Objectiv und Ocular vorzunehmen, wozu weiter unten die nöthige Anleitung gegeben werden wird.

Von dem Oeffnungswinkel der Objectivsysteme hängt einestheils die Lichtstärke, dann aber hauptsächlich das für die Beobachtung durchsichtiger Körper wichtige, sogenannte Auflösungsvermögen oder Unterscheidungsvermögen (penetrirende Kraft) des Mikroskopes ab. Unter diesem Vermögen versteht man die Eigenschaft, die feineren und feinsten Structurverhältnisse mikroskopischer Objecte, mögen dieselben nun in einer materiellen Verschiedenheit, in inneren Abweichungen der Structur, oder in Oberflächenverschiedenheiten liegen, mit voller Klarheit und Bestimmtheit zur Anschauung zu bringen. Um den Einfluss des Oeffnungswinkels auf das Unterscheidungsvermögen des Mikroskopes zu erklären, brauchen wir nur darauf zurückzugehen, dass die Sichtbarkeit solcher Structurunterschiede durchsichtiger Körper bei durchgehendem Lichte theils von den innerhalb des in Bezug auf die Bilderzeugung als selbstleuchtend zu betrachtenden Gegenstandes bewirkten Brechungen, theils von den in seinem Innern und an seinen Grenzflächen stattfindenden Reflexionen der Lichtstrahlen abhängig ist. Indem dieselben nämlich auf eine oder die andere Weise zum Theil von ihrer Bahn abgelenkt werden, so dass sie nicht mehr in das Auge, also auch nicht auf die Netzhaut gelangen, entstehen, neben den durch die ungebrochen durchgegangenen oder weniger abgelenkten Strahlen hervorgebrachten positiven, auf den nicht in erforderlichem Grade gereizten Stellen der Netzhaut negative Gesichtseindrücke, Schattenbildchen, wodurch jene wirklichen Unterschiede von dem Auge aufgefasst werden können. Betrachtet man nun einen solchen durchsichtigen Gegenstand mit feineren Structurabweichungen mittelst eines Objectivsystemes von kleinem Oeffnungswinkel, so werden auch von den die positiven Gesichtseindrücke hervorbringenden Strahlen nur die von dem mittleren Theile des Beleuchtungskegels ausgehenden, weniger von ihrer Bahn abgelenkten in dasselbe eintreten, während die den Randtheilen des Beleuchtungskegels angehörenden, vermöge ihrer stärkeren Neigung weiter abgelenkten an ihm vorübergehen, ohne an der Entste-

hung des Bildes theilzunehmen. Es werden demnach die stärker erhellten Theile des Objectes gegenüber den dunkleren nur von einer verhältnissmässig geringen Anzahl von Lichtstrahlen gebildet und es sind die Unterschiede in der Erleuchtung der verschieden organisirten Theile nicht mehr hinreichend, den Reiz auf die Netzhaut auszuüben, welcher erforderlich ist, um neben den positiven Gesichtseindrücken auch die negativen mit voller Bestimmtheit aufzufassen. Der ganze Gegenstand wird schwächer und mehr gleichmässig erleuchtet erscheinen und die feineren Structurunterschiede bleiben unerkannt. Vertauscht man aber jenes Objectivsystem mit einem solchen von grösserem Oeffnungswinkel, dann werden auch noch die schiefer einfallenden, weiter von ihrer Bahn abgelenkten Strahlen, welche von den erhellten Theilen des als selbstleuchtend betrachteten Objectes ausgehen, vom Objective aufgenommen, so dass die Bildpunkte dieser Theile jetzt von einer verhältnissmässig grösseren Anzahl von Lichtstrahlen gebildet werden. Sie erscheinen in Folge dessen denjenigen Theilen gegenüber, durch welche die Strahlen am stärksten abgelenkt oder ganz zurückgeworfen werden und sämmtlich oder zum grossen Theil nicht mehr in das Mikroskop gelangen können, weit intensiver erleuchtet. Die Differenz in den Lichteindrücken, welche das Auge empfängt, wird jetzt hinreichend gross, um die Netzhaut in einem solchen Grade zu reizen, dass positive und negative Gesichtseindrücke mit Bestimmtheit auseinandergehalten werden können. Die wirklichen Structurunterschiede werden sonach von dem beobachtenden Auge sicherer aufgefasst und müssen (die sonstige Vollkommenheit eines Objectivsystemes vorausgesetzt) um so klarer und bestimmter erscheinen, je genauer der Oeffnungswinkel an Grösse zu den Lichtverhältnissen der Structurunterschiede in Beziehung steht.

Es hält somit das Auflösungsvermögen eines Mikroskopes allerdings mit der Lichtstärke in gewissem Sinne gleichen Schritt. Der Beweis, dass diese Annahme eine falsche sei, wie er z. B. von Harting (Mikroskop Seite 251) versucht wurde, gründet sich ganz und gar auf unrichtige Voraussetzungen. Er beruht nämlich wesentlich in der falschen Auffassung der Begriffe von Lichtstärke der erhellten Theile des Objectes und Stärke der Beleuchtung des Gesichtsfeldes, während beide ganz verschiedene Dinge sind. Jene beruht auf der Grösse der Grundfläche des von dem Objectivsysteme aufnehmbaren, von dem Objecte als gleichsam selbstleuchtendem Körper ausstrahlenden Lichtkegels, diese aber hat ihren Grund in der Menge der in ein- und demselben von dem Beleuchtungsapparate ausgehenden, durch die Weite der Blendung begrenzten Lichtkegel vereinigten Strahlen, deren Kreuzungspunkt in der Einstellebene liegt. Von der ersteren hängt allein, unter sonst gleichen Umständen, die mehr oder minder starke relative Erleuchtung der kleinsten Theilchen des mikroskopischen Bildes ab. Die Wirkung der centralen Diaphragmen, welche ebenfalls mit in die Beweisgründe gezogen wird, hat wesentlich einen ganz anderen Grund, als die dadurch bewirkte Verminderung der

Beleuchtungsstärke, obwohl ich auch deren Einfluss für bestimmte Fälle, wo die Netzhaut zu stark gereizt wird, anerkenne. Dieselbe beruht nämlich in erster Linie auf der Aenderung in der Richtung des beleuchtenden Strahlenbündels. Es werden durch diese Diaphragmen bekanntlich die weniger convergent einfallenden Achsenstrahlen, auf deren Ablenkung nur schwache Unterschiede in der Oberflächengestaltung nicht den erforderlichen Einfluss äussern können, abgeschnitten und nur die mehr convergent auftreffenden Randstrahlen zugelassen, welche vermöge ihrer Einfallsrichtung eine hinreichend verschiedene Ablenkung erleiden, um in den relativen Erleuchtungsverhältnissen der verschiedenen Theile des Gegenstandes diejenigen Unterschiede hervorzurufen, wodurch die Sichtbarmachung der feineren Structurunterschiede bedingt wird.

Dass das Auflösungsvermögen eine selbständig neben dem Begrenzungsvermögen bestehende Kraft des Mikroskopes sei, wie manche Schriftsteller annehmen, möchte ich geradezu verneinen. Ohne vollkommene Definition, d. h. ohne hinreichende Verbesserung der sphärischen Abweichung auch in den äusseren Theilen des Objectivsystemes, welchen die Aufnahme der stärker abgelenkten, von dem Objecte ausgehenden Lichtstrahlen zufällt, kann dasselbe nur in mangelhaftem Grade entwickelt sein. Zwar mag für diesen Fall ein Objectivsystem manche Structurverhältnisse, namentlich aber die Zeichnungen der später zu beschreibenden Probeobjecte in Folge des grossen Oeffnungswinkels und der damit nothwendig verbundenen kurzen Focaldistanz, noch zur Anschauung bringen, aber es fehlt dabei dem ganzen Bilde immer die erforderliche Schärfe und Reinheit der Zeichnung. Dasselbe erscheint in seinen feineren Einzelnheiten von einem mehr oder minder starken Nebel eingehüllt, durch welchen die Zeichnung durchschimmert, während für bestimmte Fälle, wo der mittlere Theil des Objectives gut corrigirt ist, der ganze Umriss des Gegenstandes scharf umgrenzt wird. Ich kann dieses Vermögen nur für eine Function vollkommener Begrenzung, d. h. der hinreichenden Verbesserung der sphärischen und chromatischen Abweichung, in Verbindung mit einem grossen Oeffnungswinkel halten. So wenigstens lehren mich meine Erfahrungen, die sich auf eine gute Anzahl untersuchter Objectivsysteme dieser Art stützen. Das Begrenzungsvermögen kann allerdings in vollem Maasse ohne grosses Auflösungsvermögen vorhanden sein, nie aber vollkommen unterscheidende Kraft ohne jenes; denn weil die Begrenzung immer nur von den weniger abgelenkten mittleren Strahlen des Beleuchtungskegels abhängig ist, so genügt es für sie vollkommen, wenn nur der mittlere Theil des Objectivsystemes genau corrigirt ist. Was die von manchen Autoren beliebte Umsetzung des Auflösungsvermögens in Begrenzungsvermögen und umgekehrt betrifft, so mögen die Thatsachen allerdings richtig sein, der Name dafür aber ist entschieden falsch. Es giebt keine solche Umsetzung, obwohl es Correctur einer oder der anderen mangelhaften Eigenschaft oder Erzwingung der einen auf Kosten

6*

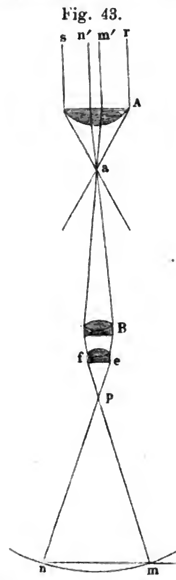
der anderen geben kann. Was zunächst die Umwandlung der Penetration in Definition durch Anwendung engerer Blendungen und in Folge dessen hervorgerufener Verkleinerung des Oeffnungswinkels betrifft, so läuft dieselbe einfach darauf hinaus, dass der mit sphärischer Abweichung behaftete Randtheil der Linsen eines mit unvollkommener Penetration (im obigen Sinne) begabten Objectivsystemes von der Wirkung ausgeschlossen wird. Auf ähnliche Weise wirkt die Verlängerung des Rohres, indem dadurch der Oeffnungswinkel verkleinert wird. Ebenso kann man durch Verkürzung des Rohres eine Vergrösserung des letzteren, und damit in gewissem Grade ein etwas höheres aber immer unvollkommenes Auflösungsvermögen erzwingen. Ein vollkommenes Objectiv bedarf der Anwendung keines dieser Mittel und wo man sie eben nöthig findet, darf man sich darauf verlassen, dass man ein mangelhaftes System vor sich hat, indem entweder bei grossem Oeffnungswinkel die Correctur über die ganze Oberfläche des Systems verfehlt oder nur in der Mitte gelungen ist. Es kann aber auch bei dem neuzeitigen Streben, die Auflösung der feineren Probeobjecte bei schiefer Beleuchtung zu erzwingen, der umgekehrte Fehler eintreten, dass die Correctur der Mitte des Objectivsystems vernachlässigt und nur auf die Randpartien übertragen ist. Hier helfen engere Blendungen nicht; man muss dann eben, um ein scharfes Bild zu erhalten, die Centralstrahlen des Beleuchtungskegels abschneiden. Unter den mir bekannten Systemen habe ich indessen diesen Fehler nur bei den für schiefes Licht bestimmten Systemen 9 von Benèche, ebenso bei einigen starken Systemen von Hasert gefunden.

Wie weit der Oeffnungswinkel eines Objectivsystemes vergrössert werden soll, ist eine Frage, deren Beantwortung sich nicht unbedingt geben lässt, indem dieselbe von mancherlei Umständen abhängt. Für einzelne Zwecke mag es genügen, wenn unter Voraussetzung möglichst vollkommener Verbesserung der sphärischen Abweichung in den Randpartien ein Objectivsystem einen grossen Oeffnungswinkel hat und das sogenannte Unterscheidungs- oder Auflösungsvermögen in sehr hohem Grade entwickelt ist. Im Allgemeinen aber muss nach meiner Ansicht der Grundsatz festgehalten werden, dass die Vergrösserung des Oeffnungswinkels nur in solchem Grade statthaft ist, als daneben die möglichst vollkommene Verbesserung der sphärischen und chromatischen Abweichung über die ganze Fläche des Systemes noch bestehen kann. Ein Objectivsystem, in welchem vollkommene Schärfe und Klarheit des Bildes mit hohem Auflösungsvermögen verbunden ist, muss unter jeder Bedingung als das vorzüglichste anerkannt werden, und es besteht in der Vereinigung beider Eigenschaften das höchste Ziel des Strebens, nach dem unsere Optiker bei ihren stärksten Systemen zu ringen haben werden. Dieses Ziel ist aber bekanntlich sehr schwer und um so schwerer zu erreichen, je schwächer das System ist, dessen Oeffnungswinkel bedeutend vergrössert werden soll. Wo dessen Erreichung nicht möglich ist, da sollte, für den Fall allgemeiner Brauchbarkeit eines Objectivsystemes zu wissen-

schaftlichen Untersuchungen und namentlich bei den schwächeren Nummern, die allzuweit gehende Vergrösserung des Oeffnungswinkels unbedingt fallen gelassen und neben einem mässigen Auflösungsvermögen eine scharfe Begrenzung und möglichst vollkommener Achromatismus vorzugsweise ins Auge gefasst werden.

Messung des Oeffnungswinkels. — Zur Bestimmung der Grösse des Oeffnungswinkels sind verschiedene, zum Theil ganz scharfsinnige Methoden in Vorschlag gebracht worden, von denen jedoch hier nur die von Lister (Phil. transactions 1830, p. 191) empfohlene als die allgemein am leichstesten ausführbare und dabei hinreichend genaue Resultate gewährende näher besprochen werden soll. Dieselbe gründet sich auf den Weg, welchen parallel auf das Ocular treffende Strahlen bei ihrem Durchgange durch das Mikroskop nehmen. Trifft z. B. ein solches Bündel *rs* paralleler Strahlen auf das Ocular *A*, so gelangt der zwischen *m'* und *n'* (Fig. 43) eingeschlossene Theil derselben nach seiner Kreuzung in dem Brennpunkte *a* des Oculares in das Objectivsystem und bildet nach seinem Austritt aus demselben und nach einer neuen Kreuzung in dessen Brennpunkt *p* jenseits des letzteren ein erhelltes Feld *mn*. Die von dem Brennpunkte *p* aus nach der Grenze dieses Feldes gezogenen Linien *pm* und *pn* geben dann in dem Winkel *mpn* das Maass des Oeffnungswinkels, welches, ähnlich wie bei den einfachen Linsen, direkt gemessen werden könnte. Da diese direkte Messung jedoch wegen der Kürze der Brennweite der zusammengesetzten Objectivsysteme immer ihre Schwierigkeiten hat und mehr oder minder ungenau ausfallen würde, so muss ein anderer Weg eingeschlagen werden, um jenes Maass mit Leichtigkeit und der erforderlichen Genauigkeit zu bestimmen. Auf diesen führt aber unmittelbar die Betrachtung, dass, wenn Lichtstrahlen einen, dem oben angegebenen entgegengesetzten Weg nehmen, sie in dem Mikroskope ganz dieselbe Richtung einschlagen, wie sie in der Figur in *mpam'* und *npan'* gezeichnet ist, und dass nur solche noch aus dem Oculare austreten werden, welche innerhalb des erleuchteten durch die Strahlen *mp* und *np* begrenzten Lichtkegels eingeschlossen sind. Befindet sich daher in dem Punkte *m* ein leuchtender Gegenstand[1], etwa eine Lichtflamme, so wird die auf der entgegengesetzten Seite der optischen Achse gelegene Hälfte des Oculars durch die von ihr ausgehenden Strahlen erhellt erscheinen. Rückt dieselbe dann von *m* aus in dem Bogen *mn* weiter nach *n*,

Fig. 43.



so wird sich nach und nach die Erhellung über das ganze Ocular ausbreiten, bis endlich, wenn sie in *n* angelangt ist, nur noch die andere Hälfte beleuchtet wird. In dem durchlaufenen Kreisbogen *mn*, dessen Mittelpunkt in dem Brennpunkte *p* liegt, haben wir somit jetzt das Maass des Oeffnungswinkels. In der Praxis verfährt man so, dass man nicht die Lichtflamme, sondern den optischen Apparat um dessen Brennpunkt als Drehungsmittelpunkt bewegt und den von dem anderen Endpunkte der optischen Achse durchlaufenen Bogen, der aus leicht einzusehenden geometrischen Gründen dem vorigen gleich ist, in Rechnung zieht.

Zur Ausführung dieser Messungen genügt eine einfache Vorrichtung, welche sich Jeder leicht und ohne grossen Kostenaufwand herstellen oder herstellen lassen kann. Auf einem halbkreisförmigen, aus hartem, völlig trockenem Holze verfertigten Brett *A*, dessen Rand in 180 Grade getheilt ist, bewegt sich um einen genau in dem Mittelpunkte des Gradbogens befindlichen Stift (Schraube) *C* (Fig. 44) eine zweite zeigerartige Platte *B*, welche genau in ihrer Mittellinie in eine Spitze ausläuft. Auf

Fig. 44.

der letzteren befinden sich zwei oben halbkreisförmig ausgeschnittene Träger *DD*, welche zur Aufnahme des Mikroskoprohres bestimmt sind. In dem Mittelpunkte des Schraubenkopfes wird mit etwas Wachs eine feine Nadel senkrecht so befestigt, dass ihre Spitze ziemlich genau in derselben Höhe liegt, wie die Achse des Rohres. Legt man nun das letztere auf die beiden Stützen, verschiebt es so lange, bis es auf der feinen Nadelspitze einsteht und stellt dann einige Fuss von ihm entfernt in der Verlängerung seiner optischen Achse eine Kerzenflamme auf, so wird man das Gesichtsfeld des Oculars ganz erleuchtet finden. Dreht man dann so weit nach der einen Seite des Halbkreises, bis das Gesichtsfeld gerade zur Hälfte beleuchtet ist, und nach der entgegengesetzten

Seite, bis die andere Häfte gleiche Beleuchtung zeigt, so stellt der von der Spitze des Zeigers *B* durchlaufene Bogen das Maass des Oeffnungswinkels vor, und man erhält die demselben entsprechende Zahl, wenn von der höheren Gradzahl die niedrere, bis zu welcher man drehen musste, abgezogen wird. Habe man z. B. von der mit 90⁰ bezeichneten Mittellinie aus zuerst eine Drehung bis auf 50⁰ und dann rückwärts bis zu 130⁰ ausführen müssen, um jedesmal die eine und andere Hälfte des Gesichtsfeldes erleuchtet zu sehen, so würde der Differenzwinkel $130^0 - 50^0 = 80^0$ der Oeffnungswinkel sein.

Centrirung des optischen Apparates. — Die genaue Centrirung des ganzen optischen Apparates, d. h. das Zusammenfallen der optischen Achsen sämmtlicher Linsen der Ocular- und Objectivsysteme in eine einzige gerade Linie, ist für die Nettigkeit und Reinheit sowie die klare und bestimmte Begrenzung des mikroskopischen Bildes von der höchsten Wichtigkeit. Sind auch die Aberrationen und namentlich die sphärische möglichst vollkommen verbessert, es herrschen aber in der Centrirung der einzelnen Linsen oder der Linsenverbindungen erhebliche Fehler, so leidet immer das Begrenzungsvermögen, namentlich gegen den Rand des Gesichtsfeldes hin, in hohem Grade und das Bild erscheint verbogen und verzerrt. Für das zusammengesetzte Mikroskop ist daher erforderlich, dass zunächst die einzelnen Convex- und Concavlinsen für sich, sowie in ihrer Verbindung zu Doppellinsen, dann aber die Objectivsysteme und Oculare als Ganze und in ihrer gegenseitigen Verbindung genau centrirt sind. Dieses Ziel ist aber bei der Kleinheit namentlich der zu den Objectivsystemen verwendeten einzelnen Linsen schon sehr schwierig zu erreichen und es steigert sich die Schwierigkeit noch in bedeutendem Grade, sobald dieselben zu Doppellinsen und diese wieder zu Linsensystemen verbunden werden sollen, da es eben kein ausreichendes mechanisches Mittel giebt, um den beabsichtigten Erfolg vollkommen zu erzielen. Aus diesem Grunde wird man deshalb eine völlig genaue Centrirung selbst bei solchen Objectivsystemen vermissen, welche aus den besten Werkstätten hervorgegangen sind. Bei der Prüfung eines Mikroskopes gilt es daher, das Mehr oder Minder in dem Maasse des vorhandenen Fehlers, weniger dessen vollständige Abwesenheit festzustellen. Zu diesem Ende bringt man einen kleinen Gegenstand in die Mitte des Gesichtsfeldes und dreht dann, wo es die mechanische Einrichtung des Mikroskopes gestattet, das Mikroskoprohr und mit ihm Ocular und Objectivsystem um seine Achse. Steht das Rohr fest, so muss man das Objectivsystem etwas losschrauben, um die erforderliche Umdrehung zu bewirken, wobei man dann allerdings Gefahr läuft, bei der losen Verbindung des Objectivsystemes mit dem Mikroskoprohre in gewissem Grade auf den schon vorhandenen Fehler zu influiren, indem das erstere etwas aus der Achse gerückt werden kann. Man wird in beiden Fällen finden, dass das Object niemals ganz in der Mitte des Gesichts-

feldes verbleibt, sondern dass es eine bald mehr, bald minder grosse Ortsveränderung erleidet, und wenn man während der Umdrehung stetig beobachtet — wozu einige Uebung gehört — einen kleineren oder grösseren excentrischen Kreis beschreibt. Nimmt man diese Prüfung in der Art vor, dass man von den schwächeren zu den stärkeren Objectivsystemen übergeht, so wird sich als Resultat ergeben, dass die Abweichung des Objectes von der centralen Stellung in dem Maasse zunimmt, als man zu stärkeren Vergrösserungen schreitet. Ebenso nimmt dieselbe bei einem und demselben Objectivsysteme zu, indem man mit den Ocularen steigt.

In optischer Beziehung macht sich eine falsche Centrirung nur dann fühlbar geltend, wenn sie in so hohem Grade vorhanden ist, dass dadurch das Begrenzungsvermögen beeinträchtigt und das Bild verdorben wird. In diesem Falle kann sie denn auch, falls man sich von der gehörigen Verbesserung der sphärischen Abweichung überzeugt hat, unmittelbar aus der Betrachtung irgend eines der später beschriebenen Probeobjecte erkannt werden und sind solche Objectivsysteme unbedingt unbrauchbar. Allein auch in anderer Weise wirkt falsche Centrirung, selbst wenn sie das optische Vermögen an sich nicht beeinträchtigt, störend, indem man beim Wechseln mit den Objectivsystemen das Object fortwährend in die richtige Lage zu rücken hat, was namentlich bei schwierigen Objecten unumgänglich nothwendig ist. Man darf indessen bei den hier erwähnten Erscheinungen nicht immer an eine falsche Centrirung der Systeme an und für sich denken. Es kann die Bildverschiebung auch häufig in der Ausführung der Schraubengewinde liegen und sie tritt namentlich oft da hervor, wo man mittelst sogenannter Zwischenstücke fremde Objectivsysteme mit dem Stative einer bestimmten Werkstätte verbindet.

Eine Verbesserung der falschen Centrirung möchte wohl so ziemlich ausserhalb des Bereiches des praktischen Mikroskopikers liegen. Denn abgesehen von dem kaum zu erwartenden Gelingen einer genaueren Centrirung, wozu es ihm in der Regel auch an den mechanischen Mitteln fehlt, ist es immer eine sehr schwierige Sache, die zu einem Objectivsysteme gehörigen Linsen auseinanderzunehmen und wieder in der gehörigen Weise miteinander zu verbinden. Man wird in einem solchen Falle selbst immer mehr verderben als gut machen, und daher am besten thun, wenn man sich an den Optiker wendet, von dem man den betreffenden Apparat erhalten hat. Wo die Mikroskopröhre beweglich, d. h. zur groben Einstellung in einer Hülse verschiebbar ist, bietet sich hierin, wie H. v. Mohl hervorhebt, ein wenn auch nur unvollkommenes und für einzelne Fälle anwendbares Mittel zu etwaigen Verbesserungen, indem man jene so weit dreht, bis die Stelle des Objectives, welches die geringste Abweichung zeigt, senkrecht auf die zu beobachtenden Structuren, z. B. feine Linien und dergleichen, zu stehen kommt. Bei den mir bekannten neueren Objectivsystemen sind indessen die Abweichungen

so gering, dass, obwohl bei der Umdrehung des Objectes gegen das Rohr — mittelst einer Drehscheibe — kleine Abänderungen in der Einstellung erforderlich werden, ein Unterschied in der Schärfe des Bildes kaum stattfindet, je nachdem die eine oder die andere Stelle eines solchen senkrecht zu der betreffenden Zeichnung steht.

Politur der Linsen. — Bezüglich der Politur der Linsen hat man sein Augenmerk vorzugsweise darauf zu richten, ob die Oberfläche derselben mit dicht nebeneinander liegenden Streifen und matten Flecken bedeckt ist, wodurch das ganze Gesichtsfeld ein nebelartiges Ansehen erhält. Vereinzelte und kleine Flecken oder Streifen, welche wohl kaum bei dem Poliren ganz vermieden werden können, schaden weniger, indem dem mikroskopischen Bilde kein merklicher Eintrag dadurch geschieht. Das Glas, woraus die Linsen geschliffen werden, muss möglichst rein und frei von Streifen, sogenannten Adern, und grösseren Luftblasen sein. Kleinere Luftbläschen, die sich immer nur durch höchst genaue Untersuchung entdecken lassen, trifft man selbst in sonst ganz ausgezeichneten Gläsern hier und da an. Dieselben äussern indessen, wenn sie in sehr beschränkter Anzahl auftreten, kaum einen nachtheiligen Einfluss auf ein Objectivsystem.

Von gröberen Fehlern dieser Art müssen natürlich bei einem vollkommenen Instrumente sowohl die Objectiv- als auch die Ocularlinsen gänzlich frei sein, und dürfte aus den neueren Werkstätten auch kaum ein Linsensystem abgegeben werden, was zu einer Rüge in dieser Beziehung Veranlassung geben könnte, indem die Optiker nur reine Glasstücke zur Anfertigung dieser kleinen Linsen auswählen werden. Es sind seit einigen Jahren gar manche Objectivsysteme und Oculare durch meine Hände gegangen und habe ich mit Ausnahme einiger Ocularlinsen bei einem — allerdings neueren — der geprüften Instrumente in dieser Beziehung nichts zu rügen gefunden.

Einige andere Fehler, welche sich erst während des Gebrauches entwickeln, können, wie schon H. v. Mohl und später Harting hervorgehoben haben, recht störend auf die Reinheit und Deutlichkeit der Bilder einwirken. Ich selber habe bisher keinen derselben, weder an meinen eigenen noch an fremden Linsensystemen neuerer und in richtiger Weise und sorgfältig behandelter Instrumente wahrnehmen können. An älteren Instrumenten lernte ich allerdings ein und den anderen schon vor Jahren kennen. Ebenso sah ich manches gute Instrument, dessen Linsen durch nachlässige, wahrhaft unverzeihliche Behandlung wissenschaftlicher Gleichgültigkeit oder unerfahrenen Dilettantismus so verdorben waren, dass man sie kaum als mit anderen aus ein- und derselben Werkstätte hervorgegangen hätte erkennen können, wenn nicht der Name des Optikers am Instrumente gestanden hätte.

Der erste dieser Fehler beruht auf dem Verwittern der äusseren Linsenflächen, wodurch dieselben in hohem Grade getrübt und nach und nach ganz unbrauchbar werden. Diese Erscheinung liegt wesentlich an

der Beschaffenheit des zu den Linsen verwendeten Glases. Manche Glassorten besitzen nämlich die Eigenschaft in hohem Maasse, die Wasserdünste der umgebenden Luft auf ihrer Oberfläche zu verdichten. Dadurch haften aber kleine Staub- und Schmutztheilchen, welche mit ihr in Berührung kommen, sehr fest an und können mit der Zeit so innig adhäriren, dass man sie nicht zu entfernen im Stande ist, ohne die äusserste Fläche des Glases theilweise mit zu verletzen. Das erste und vorzüglichste Mittel, um diesen Fehler möglichst abzuschneiden, ist grösste Sorgfalt in Bezug auf Reinhaltung der Gläser und Aufbewahrung des Mikroskopes an möglichst trockenem, vor Staub geschütztem, gleichmässig durchwärmtem Orte. Ein Mittel, um die genannte Eigenschaft des Glases unschädlich zu machen, wurde von Muncke empfohlen. Es besteht darin, dass man die Oberflächen der Linsen mit einer äusserst dünnen Oelschicht überzieht. Am besten bewerkstelligt man dies dadurch, dass man die Linsenflächen mit etwas Terpentinöl befeuchtet und dieselben dann mittelst eines zarten leinenen Läppchens soweit abwischt, bis keine Spur des Oeles mehr bemerkbar ist. Es bleibt dann immer noch eine dünne Oelschicht zurück, welche sich nicht ganz verflüchtigt, sondern unter dem Einflusse der Luft schnell verharzt und so das Glas vor dem Niederschlage der Wasserdünste schützt. Zu dem etwas heroischen Mittel, welches Frauenhofer vorgeschlagen hat, die Linsen ein paar Stunden in Schwefelsäure zu legen, möchte ich dem Mikroskopiker kaum rathen.

Eine zweite Fehlerquelle hat ihren Sitz in der zur Vereinigung der Concav- und Convexlinse verwendeten dünnen Schicht von Canadabalsam. In dieser bilden sich nämlich bei manchen Linsen im Laufe der Zeit kleine Krystallansammlungen, wodurch das betreffende Linsensystem fürs erste getrübt und unbrauchbar wird. Ich habe auch diesen Fehler an meinen eigenen Objectivsystemen, die zum Theil schon zwölf, zehn und sechs Jahre alt und aus verschiedenen Werkstätten hervorgegangen sind, noch nicht entdeckt, ihn aber, und zwar schon vor längerer Zeit, an den Objectivsystemen eines älteren, einer Schulanstalt gehörigen Chevalier'schen Mikroskopes, sowie an einem älteren Schieck beobachtet und bin daher nicht im Stande, aus eigener Erfahrung etwas Genaueres darüber anzugeben. Ueber die Ursache der Krystallbildung ist man nicht ganz einig. H. v. Mohl (Mikrographie, S. 178) erklärt dieselbe als eine Folge chemischer Einwirkung der in dem Balsam vorhandenen Harzsäuren auf einen der Bestandtheile (Blei) des Flintglases. Dem widerspricht aber Harting (Mikroskop, S. 272), da nach seiner Erfahrung die Linsenflächen stets unangegriffen bleiben und die Krystallanhäufungen durch Auflösung mittelst Alkohols oder Aethers entfernt werden können. Er sucht den Grund in der Veränderung der Zusammensetzung des canadischen Balsams und glaubt, dass es auf die Sorte des letzteren ankomme, ob die Krystallbildung eintrete oder nicht. Je nach Umständen mögen wohl beide oder auch nur eine der von beiden Gelehrten angenommenen Ursachen wirken. Liegt

dieselbe einzig und allein an dem Balsam, dann lässt sich der entstandene Fehler leicht beseitigen, indem man eben die alte Balsamschicht durch Auflösungsmittel entfernt und eine neue zwischen die gereinigten Linsen bringt. Diese Arbeit muss aber natürlich einem Optiker übertragen werden, wenn man nicht Gefahr laufen will, seine Systeme zu verderben. Ist das Glas selbst angegriffen, dann freilich ist die Mühe umsonst. Es scheint übrigens, als ob die praktische Optik die betreffende Ursache auf irgend eine Weise zu beseitigen gelernt hätte, da man den Fehler an neueren Objectivsystemen — so weit wenigstens meine eigenen Erfahrungen reichen, und auch von anderer Seite habe ich nichts darüber vernommen — nicht mehr findet. Die von H. v. Mohl an oben citirter Stelle erwähnte Trübung der Linsen durch eine sich zwischen nicht verkitteten Linsen in Tropfen absetzende ölartige Substanz dürfte jetzt kaum mehr in Betracht kommen, da wohl von sämmtlichen Optikern die beiden Linsen durch Canadabalsam fest mit einander vereinigt werden.

II. Directe Prüfung des optischen Vermögens.

In dem Vorausgehenden haben wir die Hauptfactoren des optischen Vermögens kennen und den Grad ihrer Vollkommenheit prüfen gelernt; in dem vorliegenden Paragraphen dagegen haben wir uns mit der direkten Bestimmung des optischen Vermögens zu befassen. Denn giebt auch eine Prüfung jener Hauptfactoren in ihren Resultaten ziemlich sichere Anhaltspunkte zur Beurtheilung der mehr oder minder hohen Vollkommenheit eines Mikroskopes, so ist dieselbe doch, namentlich für den noch weniger Geübten, nicht hinreichend, um mit voller Sicherheit über die praktische Brauchbarkeit des optischen Apparates zu entscheiden oder verschiedene Instrumente genau numerisch zu vergleichen, und es muss eine unmittelbare Prüfung des optischen Vermögens und der Leistungsfähigkeit in Beziehung auf bestimmte, durch die Erfahrung festgestellte, dem jezeitigen Standpunkte und den Fortschritten der praktischen Optik entsprechende, dieser Bestimmung in vollem Umfange als Maassstab zu Grunde gelegte Objecte, sogenannte Probeobjecte *), vorgenommen werden.

Das optische Vermögen eines Mikroskopes umfasst aber: erstens die Vergrösserungskraft, zweitens das Begrenzungsvermögen, drittens das Auflösungsvermögen, viertens die Lichtstärke, fünftens die Ausdehnung, Färbung, Ebenung und gleichmässige Vergrösserung über die ganze Fläche des Gesichtsfeldes. Wir werden daher in Folgendem jeder einzelnen dieser Seiten eine besondere Betrachtung zu widmen haben.

*) Der geübte Mikroskopiker wird, wenn es nicht auf genauere Vergleichung mehrerer Instrumente ankommt, sondern wenn es bloss gilt, die Brauchbarkeit zur Beobachtung überhaupt zu ermitteln, allerdings kaum zu einer so ausgedehnten Prüfung zu schreiten brauchen, um sein Urtheil festzustellen. Ihm wird die Betrachtung eines einzigen Präparates aus der thierischen oder pflanzlichen Histiologie dazu vollkommen ausreichen.

1. Bestimmung der Vergrösserung.

Die Vergrösserung eines Mikroskopes steht zwar für die Leistungsfähigkeit desselben durchaus nicht in erster Linie, indem es nicht darauf ankommt, wie gross das von ihm erzeugte Bild möglicherweise sein, sondern welche Einzelnheiten man in demselben und in welchem Grade der Bestimmtheit, Reinheit und Schärfe man sie wahrnehmen kann. Ein Mikroskop ist nicht um so vorzüglicher, je stärker es vergrössert, sein optisches Vermögen wächst im Gegentheil in dem Verhältnisse, als es (mit anderen verglichen) bei schwächerer Vergrösserung dieselben Einzelnheiten und Unterschiede in der Structur eines mikroskopischen Objectes mit voller Bestimmtheit und Klarheit erkennen lässt (die jene erst bei stärkeren Vergrösserungen wahrnehmen lassen). Für manche Structurverhältnisse und Objecte finden allerdings Grenzen in der Vergrösserung statt, unterhalb deren man sie entweder gar nicht mehr oder doch nicht mit der erforderlichen Bestimmtheit zu unterscheiden vermag. In diesen — allerdings selteneren Fällen — ist dann aber eine mit den übrigen Seiten des optischen Vermögens gepaarte Steigerung der Vergrösserungskraft unbedingtes Erforderniss für den Werth eines Instrumentes, und es ist stets dasjenige am höchsten zu stellen, welches bei stärkerer Vergrösserung erst den Höhepunkt seiner Leistungen erreicht, d. h. nicht nur ein stärker vergrössertes, sondern auch ein solches Bild giebt, welches schwierigere Einzelheiten der Structur zur Anschauung bringt. Im Allgemeinen wird dieser Höhepunkt bei unseren besten neueren Instrumenten bei einer 600- bis 800maligen Objectivvergrösserung (ich verstehe darunter die mit den schwächsten Ocularen erzeugte Vergrösserung) erreicht. Eine Steigerung der Vergrösserung durch stärkere Oculare und dergleichen ist also nicht mehr von wesentlichem Vortheile. Damit soll aber durchaus nicht gesagt sein, dass solche, wenn sie ebenso vollkommen sind, wie die schwächeren, für eine Untersuchung nicht von Nutzen seien. Structurverhältnisse, welche bei schwächerer Vergrösserung ihrer Kleinheit und Feinheit halber nur mit Anstrengung zu erkennen sind, treten dann deutlicher hervor und man kann dieselben mit mehr Bequemlichkeit auf das Genaueste verfolgen. Ausserdem sind höhere Vergrösserungen, wenn sie lichtstark genug sind, zur Ausführung von Zeichnungen, zu Messungen und Zählungen sehr kleiner Körperchen höchst erwünscht. Meine Instrumente lassen in dieser Beziehung noch ganz vorzügliche Vergrösserungen von 1200 bis 1600 zu. Wo man freilich bei den stärkeren (durch sehr starke Oculare erzwungenen) Vergrösserungen in das Gebiet von Nacht und Nebel geräth, da ist Alles am Ende.

Die Kenntniss der Vergrösserung, bei welcher irgend eine mikroskopische Beobachtung ausgeführt wurde, ist zwar an und für sich nicht von unbedingter Nothwendigkeit; doch erscheint sie immerhin für den

höchst erwünscht, welcher erstere einer möglichst eingehenden Controle unterwerfen will. Es sollte dieselbe daher bei jedem Präparate neben der Zeichnung in einer oder der anderen Weise angegeben sein. Bei mikroskopischen Messungen ist diese Kenntniss ausserdem unumgänglich nothwendig. Es liegt daher mit in unserer Aufgabe, hier eine Anleitung zur direkten Messung der Vergrösserungsziffer zu geben, da die Berechnung aus den theilnehmenden Factoren theils zu umständlich, theils, wegen der schwierig zu bestimmenden Brennweiten der Linsensysteme, nicht einmal ganz zuverlässig ist.

Da die Bestimmung der Vergrösserungen der verschiedenen Combinationen der Objectivsysteme und Oculare eines Mikroskopes auf der Vergleichung der wirklichen Grösse eines Objectes und der scheinbaren Grösse des von ihm entworfenen Bildes beruht, so kommen alle angewandten Methoden im Wesentlichen darin überein, dass man das Bild eines seiner Grösse nach genau bekannten Objectes, z. B. der Abtheilung eines Glasmikrometers, mittelst der Camera lucida oder eines ähnlich wirkenden Hilfsmittels auf einer Ebene projicirt und der Messung unterwirft. Der Quotient, welchen man erhält, wenn man das Maass des Bildes durch dasjenige des Objectes dividirt, stellt dann die entsprechende Vergrösserungsziffer dar. Sei z. B. jenes $= 4{,}5^{mm}$, dieses $= 0{,}01^{mm}$, so ist die Vergrösserungsziffer $\frac{4{,}5}{0{,}01} = 450$.

Ehe wir indessen zu den einzelnen Methoden selbst übergehen, müssen wir noch einige Punkte näher ins Auge fassen, welche nicht ohne Wichtigkeit für die Bestimmung der Vergrösserungen sind.

Weil hierbei — abgesehen von der Methode des Doppeltsehens — stets eines der eben erwähnten, später näher zu beschreibenden Hilfsmittel zur Projection des Bildes des der Messung zu Grunde gelegten Maassstabes auf einer Ebene benutzt wird, so ist zunächst zu beachten, dass die Entfernung zwischen dieser Ebene und dem Auge von Einfluss auf die Höhe der Vergrösserungsziffer ist, indem bekanntlich jenes Bild an Grösse in gleichem Maasse gewinnt, wie diese Entfernung zunimmt. Es sollte daher solchen Bestimmungen stets ein- und dieselbe, allgemein als feste Norm angenommene Entfernung zu Grunde gelegt werden. Da hierzu das metrische Maass, welches sich fast bei allen wissenschaftlichen Zahlenangaben Eingang verschafft hat, als das unbedingt geeignetste erscheint, so dürfte es zweckmässig sein, 250^{mm} als Normalabstand zwischen der Projectionsfläche und dem Auge einzuführen. Ist es auch leicht, eine Entfernung auf die andere und demgemäss die entsprechenden Vergrösserungsziffern zu reduciren, so ist diese Arbeit doch immerhin einigermaassen unbequem und zeitraubend. Daher halte ich das Verfahren für verwerflich, wonach der Eine bei 8″ Pariser, der Andere bei 8″ Rheinländisch, ein Dritter endlich bei 10″ Pariser oder Rheinländisch Maass oder für eine gewisse Rohrlänge seine Vergrösserungen bestimmt. Alle von mir in diesem Werke gegebenen

Zahlenangaben der Vergrösserungen sind aus diesem Grunde bei einem Abstande von 250^{mm} zu verstehen, wenn dieses auch nicht ausdrücklich dabei angegeben sein sollte.

Zweitens muss in Betracht gezogen werden, dass die erhaltenen Vergrösserungen, wenn sie auch bei gleichem Abstande zwischen Auge und Projectionsebene ermittelt sind, immer nur einen relativen Werth haben, der strenggenommen nur für das Auge desjenigen gilt, welcher die Bestimmung ausführte. Ist die hieraus resultirende Differenz auch im Allgemeinen nicht von grosser Erheblichkeit, so folgt doch daraus, dass, wo es sich, wie bei mikrometrischen Messungen, um ganz genaue Kenntniss der Vergrösserung handelt, dieselbe von dem Beobachter selbst bestimmt sein sollte.

Die ältere, einfachere Methode, welche auch für die meisten Fälle, namentlich insoweit nur schwächere Vergrösserungen in Betracht kommen, ganz genügende Resultate liefert, ist die von Jaquin (in Baumgärtner's und Ettingshausen's Zeitschrift für Physik und Mathematik, Thl. IV. 1. 1828) empfohlene. Um nach ihr die verschiedenen Vergrösserungen eines Mikroskopes zu bestimmen, projicirt man mittelst eines der dazu geeigneten Hilfsmittel das Bild eines in dem Gesichtsfelde befindlichen Mikrometers auf einem in der deutlichen Sehweite, oder in dem nach Uebereinkunft festgestellten Normalabstande (250^{mm}) befindlichen, nach der gleichen Einheit getheilten Maassstabe. Hat man dafür Sorge getragen, dass die Beleuchtung des Gesichtsfeldes und diejenige des Maassstabes gehörig geregelt und in Uebereinstimmung sind, so unterliegt es bei schwächeren und mittelstarken Vergrösserungen ganz und gar keiner Schwierigkeit, das Bild des Mikrometers deutlich auf dem Maassstabe zu sehen und die Zahl der Abtheilungen des ersteren zu ermitteln, welche auf eine oder mehrere Abtheilungen des letzteren treffen. Für die schwächsten Vergrösserungen eignet sich zu diesen Bestimmungen am besten ein Mikrometer, welcher $^1/_{10}$, für stärkere ein solcher, welcher $^1/_{100}{}^{mm}$ angiebt. Als Maassstab kann in beiden Fällen eine mittelst Tusche auf weissem Kartenpapier ausgeführte, höchst genaue Theilung dienen, welche einzelne Millimeter angiebt und auf welcher je 5 und dann je 10^{mm} auf die bekannte Weise durch längere Striche markirt sind.

Bequemer und zuverlässigere Resultate gewährend finde ich ein etwas abgeändertes Verfahren. Ich projicire das Bild des Mikrometers nicht unmittelbar auf den Maassstab, sondern auf ein Papier, schliesse eine oder mehrere Abtheilungen desselben in zwei feine Bleistiftlinien ein, fasse deren Abstand zwischen die Spitzen eines guten Zirkels und bestimme dessen Grösse mittelst eines Maassstabes, der so eingerichtet ist, dass man noch Zehntel des Millimeters messen kann. In der Regel verfahre ich in der Art, dass ich nicht einzelne, sondern je nach den Vergrösserungen Gruppen von 5 oder 10 Mikrometerabtheilungen zwischen zwei feine Linien einschliesse und deren Abstand messe. Auf

diese Weise äussern Unterschiede in dem Werthe einzelner Abtheilungen weniger Einfluss und man erhält das Maass einer solchen Abtheilung so genau, als nur irgend möglich. Nimmt man ausserdem mehrere Messungen an verschiedenen Stellen des Mikrometers vor und zieht daraus das Mittel, so erhalten die daraus gewonnenen Vergrösserungsziffern einen hohen Grad von Verlässlichkeit.

Diese Methode leidet indessen an zwei Fehlern. Erstlich ist sie insofern höchst unbequem und zeitraubend, als man dabei für jede einzelne Combination der verschiedenen Objectivsysteme mit den verschiedenen Ocularen dieselbe Arbeit zu wiederholen hat. Hätte z. B. ein Mikroskop fünf Objectivsysteme und vier Oculare, so wären nicht weniger als zwanzig einzelne Messungen vorzunehmen. Dann ist es bei stärkeren Vergrösserungen fast unmöglich, die Abtheilungen des Objectmikrometers auf der Scala des Maassstabes mit hinreichender Schärfe und Deutlichkeit projicirt zu sehen. Ja selbst dann, wenn man nicht direkt auf den Maassstab projicirt, sondern nach der angegebenen Abänderung verfährt, wird es ziemlich schwierig, bei sehr hohen Vergrösserungen das Bild deutlich genug sehen und nachzeichnen zu können. Manchmal wird man bei starken Ocularen von den meisten Projectionsmitteln ganz und gar im Stiche gelassen, indem sie wegen der bedeutenden Annäherung des Auges an das Ocular kaum mehr anwendbar sind. Weniger störend als dies hier und da geglaubt wird, würde im Ganzen die Breite der Theilstriche wirken, indem man entweder ganz scharf auf deren Mitte oder noch besser auf ihre gleichliegenden Ränder einstellen kann und dann im Stande ist, eine ganz exacte Zeichnung zu entwerfen.

Aus den besprochenen Gründen wurde denn auch schon bald nach Erscheinen der Jaquin'schen Abhandlung von Ettingshausen eine Verbesserung vorgeschlagen (Baumgärtner's und Ettingshausen's Zeitschrift V. 1829, S. 316), welche weit bequemer und auch namentlich für die stärkeren Vergrösserungen mit mehr Sicherheit zum Ziele führt. Ettingshausen ging dabei von dem ganz richtigen Grundsatze aus, dass sich die Vergrösserungen, welche die verschiedenen Objectivsysteme mit demselben Oculare geben, umgekehrt verhalten wie die wirklichen Längen, welche bei diesen verschiedenen Objectivsystemen gleich gross erscheinen oder, was dasselbe ist, deren Bilder den gleichen Raum des Gesichtsfeldes einnehmen. Demgemäss schlug er vor, für jedes einzelne Ocular eines Mikroskopes nur diejenigen Vergrösserungen direkt zu messen, welche es mit nur einem zu dieser Messung am besten geeigneten Objectivsysteme giebt, und daraus diejenigen, welche es mit den übrigen Objectivsystemen gewährt, durch Rechnung zu bestimmen. Zu dem Ende muss das Gesichtsfeld des Mikroskopes durch eine besondere, geschwärzte Blendung mit kleiner Oeffnung in der Art beschränkt werden, dass sein Randtheil, welcher bei dem gewöhnlichen, nicht orthoskopischen Oculare bekanntlich ein weniger scharfes Bild und

eine andere Vergrösserung giebt, als die Mitte, ganz ausgeschlossen wird. Zählt man dann die Abtheilungen eines Mikrometers ab, welche bei der Anwendung eines bestimmten Objectivsystemes das Gesichtsfeld eines Oculares einnehmen, und dividirt mit ihrer Zahl in das Product aus der nach der ersten Methode gefundenen Vergrösserungsziffer des der Messung zu Grunde gelegten Objectivsystemes und der Anzahl von Mikrometerabtheilungen, welche bei diesem das Gesichtsfeld des gleichen Oculares einnahmen, so erhält man die Vergrösserungsziffer der in Rede stehenden Combination.

Seien für ein Mikroskop mit vier Objectivsystemen I, II, III und IV und drei Ocularen 1, 2 und 3, die nach der Jaquin'schen Methode erhaltenen Vergrösserungszahlen für das System I und die drei Oculare $= V$, $\mathfrak{V}$ und v die für die verschiedenen Objectivsysteme und Oculare gefundenen Zahlen der im Gesichtsfelde befindlichen Mikrometerabtheilungen:

für Ocular 1 $= Z, Z', Z'', Z'''$;
„ Ocular 2 $= \mathfrak{Z}, \mathfrak{Z}', \mathfrak{Z}'', \mathfrak{Z}'''$;
„ Ocular 3 $= z, z', z'', z'''$;

so sind folgendes die entsprechenden Formeln für die Berechnung:

$$\text{II. 1. } \frac{Z \,.\, V}{Z'} = V'; \quad \text{II. 2. } \frac{\mathfrak{Z} \,.\, \mathfrak{V}}{\mathfrak{Z}'} = \mathfrak{V}'; \quad \text{II. 3. } \frac{z \,.\, v}{z'} = v';$$

$$\text{III. 1. } \frac{Z \,.\, V}{Z''} = V''; \quad \text{III. 2. } \frac{\mathfrak{Z} \,.\, \mathfrak{V}}{\mathfrak{Z}''} = \mathfrak{V}''; \quad \text{III. 3. } \frac{z \,.\, v}{z''} = v'';$$

$$\text{IV. 1. } \frac{Z \,.\, V}{Z'''} = V'''; \quad \text{IV. 2. } \frac{\mathfrak{Z} \,.\, \mathfrak{V}}{\mathfrak{Z}'''} = \mathfrak{V}'''; \quad \text{IV. 3. } \frac{z \,.\, v}{z'''} = v'''.$$

Ein ausgeführtes Beispiel mag das Verfahren näher erläutern. Bei meinem Hartnack'schen Mikroskope legte ich das System 7 der Messung zu Grunde und es fanden sich für die Oculare 1, 3 und 4 nach der Jaquin'schen Methode bestimmt folgende Vergrösserungen 250, 380 und 680. Die Anzahl der Abtheilungen eines in $^1/_{100}$ mm getheilten Mikrometers ergab für Ocular 1 mit den Systemen 7, 5, 9 und 10: 48, 96, 24, 20,2. Das Product aus der entsprechenden Vergrösserungsziffer und der Anzahl der Mikrometertheile beträgt demnach 12000 und die Vergrösserungen für Ocular 1 und die übrigen Systeme 5, 9 und 10 sind:

$$\frac{12000}{96} = 125; \quad \frac{12000}{24} = 500; \quad \frac{12000}{20{,}2} = 594.$$

Für die Oculare 3 und 4 mit denselben Systemen sind dieselben auf gleiche Weise zu 190, 762, 900, — 340, 1360, 1613 berechnet worden.

Diese Abänderung der Jaquin'schen Methode, obwohl weit bequemer und sicherer, namentlich auch für das Auge weniger anstrengend als die ursprüngliche, leidet indessen immerhin noch an einigen Mängeln, deren Beseitigung wünschenswerth erscheint. Einmal wird das Resultat der Berechnung, namentlich für stärkere Vergrösserungen, da-

durch etwas unsicher, dass nicht immer eine ganze Zahl von Abtheilungen des Mikrometers das Gesichtsfeld ausfüllt, sondern dass in den meisten Fällen Bruchtheile einer solchen geschätzt werden müssen. Bei dieser Schätzung aber können kleine Fehler um so leichter begangen werden, je breiter die Abtheilungen ausfallen, und es üben dieselben einen um so grösseren Einfluss, je weniger von den letzteren in dem Gesichtsfelde erscheinen. Dann ist die Berechnung, wenn auch weniger zeitraubend als die directe Messung, doch immer noch etwas umständlich, da, wenn wir die Anzahl der Oculare mit m, die der Objectivsysteme mit n bezeichnen, neben der directen Bestimmung von m Vergrösserungen und $m \, . \, n$ Zahlen der Mikrometerabtheilungen, welche im Gesichtsfelde erscheinen, noch $m\,(n - 1)$ aus einer Multiplication und Division zusammengesetzte Rechnungen vorgenommen werden müssen.

Ersterer Mangel wurde schon von H. v. Mohl erkannt und gewürdigt und schlug derselbe (Mikrographie, S. 215 u. f.) vor, statt einen Mikrometer als Object zu benutzen, das Mikroskop auf einen in eine Glasplatte geschnittenen feinen Diamantstrich einzustellen, und diesen mittelst eines Schraubenmikrometers durch das Gesichtsfeld zu führen. Dies Verfahren übertrifft allerdings jenes von Ettingshausen unbedingt an Genauigkeit; es ist aber einmal sehr zeitraubend — was allerdings da, wo es sich vorzugsweise um grosse Genauigkeit handelt, nicht in Betracht kommen kann — und dann gewiss für die meisten praktischen Mikroskopiker auch schon deshalb unausführbar, weil sich wohl kaum Jemand veranlasst sehen wird, der Bestimmung der Vergrösserungen halber ein Instrument anzuschaffen, dessen Preis den meisten in Gebrauch kommenden Mikroskopen nicht viel nachstehen dürfte, zumal da es für mikroskopische Messungen ganz gut durch andere, viel weniger kostspielige Apparate ersetzt werden kann. Ausserdem bliebe dabei die Anzahl und Zusammensetzung der Einzelberechnungen, sowie die sämmtlichen Maassbestimmungen für das Gesichtsfeld bestehen.

Eine beide Mängel beseitigende, allen Anforderungen entsprechende Methode zur Ermittelung der Vergrösserungen wurde von Pohl empfohlen (Berichte der K. K. Akademie der Wissenschaften zu Wien, mathematisch-naturwissenschaftl. Classe, Bd. XI., S. 504 u. f.). Ausser dem oben bei Ettingshausen's Abänderung Erwähnten liegt ihr der weitere Satz zu Grunde, dass die Vergrösserungskraft der Oculare bei den verschiedenen Objectivsystemen unabänderlich dasselbe Verhältniss zeigt. Um nach dieser Methode die Vergrösserungen eines Mikroskopes festzustellen, werden nach der Jaquin'schen Methode die Vergrösserungsziffern sämmtlicher Oculare mit einem passenden Objectivsysteme direct gemessen und dann die Abtheilungen eines Mikrometers ermittelt, welche für ein Ocular in Verbindung mit sämmtlichen Objectivsystemen das Gesichtsfeld einnehmen. Bildet man hierauf die Vergrösserungsexponenten der verschiedenen Oculare, indem man mit der Vergrösserungsziffer des schwächsten Oculares in Verbindung mit dem Normalobjectivsysteme in

die Vergrösserungsziffern der übrigen Oculare mit demselben Objectivsysteme dividirt, und multiplicirt hiermit die für ein Ocular und die anderen Objectivsysteme nach der Ettingshausen'schen Methode berechneten Vergrösserungsziffern, so erhält man sämmtliche Vergrösserungen des Mikroskopes. Bei einem passend gewählten Normal-Objectivsysteme und recht sorgfältiger Messung der wenigen Vergrösserungen bekommt man auf diese Weise, da die Bruchtheile einer nicht ganz in das Gesichtsfeld fallenden Mikrometerabtheilung bei dem schwächeren Oculare, auch für die stärkeren Objectivsysteme, immer mit grosser Zuverlässigkeit geschätzt werden können, höchst genaue Resultate, ohne sehr viel Zeit auf dieselben verwenden zu müssen, was namentlich bei solchen Mikroskopen von Vortheil ist, welche viele Combinationen zulassen.

Bezeichnen wir auch hier wieder die gemessenen Vergrösserungen mit V, $\mathfrak{V}$ und v, die ermittelten Zahlen der Mikrometerabtheilungen für Ocular 1 mit den Objectivsystemen I bis IV mit Z, z', z'', z''', so erhalten wir für die den letzten Combinationen entsprechenden Vergrösserungsziffern die oben gefundenen Werthe V', V'', V''', und als die Vergrösserungsexponenten der Oculare 2 und 3 $\frac{\mathfrak{V}}{V} = Q$ und $\frac{v}{V} = q$. Für die noch übrigen sechs zu berechnenden Vergrösserungen ergeben sich dann folgende Formeln:

$$\text{II. 2. } V' \,.\, Q = \mathfrak{V}'; \quad \text{II. 3. } V' \,.\, q = v',$$
$$\text{III. 2. } V'' \,.\, Q = \mathfrak{V}''; \quad \text{III. 3. } V'' \,.\, q = v'',$$
$$\text{IV. 2. } V''' \,.\, Q = \mathfrak{V}'''; \quad \text{IV. 3. } V''' \,.\, q = v'''.$$

Für das obengenannte Mikroskop wurden, da die gemessenen Vergrösserungen für System 7, Ocular 1, 3 und 4 = 250, 380 und 680, die nach der Ettingshausen'schen Methode berechneten Vergrösserungen = 125, 500 und 594 blieben, die Vergrösserungsexponenten der Oculare 3 und 4 sich zu 1,52 und 2,72 ergaben, folgende Vergrösserungsziffern berechnet, denen ich der Vergleichung halber die nach der Jaquin'schen Methode gefundenen in Klammern beisetze:

	Ocular 3.	Ocular 4.
System 5 . . .	190 (193) . .	340 (342).
„ 9 . . .	760 (755) . .	1360 (1350).
„ 10 . . .	903 (910) . .	1615 (1650) *).

Vergleicht man die Resultate, welche nach den drei verschiedenen Methoden erhalten wurden, so ergibt sich, dass die Unterschiede, wo solche überhaupt bestehen, mit Ausnahme der allerstärksten Ver-

*) Die nach Jaquin gemessenen Vergrösserungen für Ocular 1 und die Systeme 5, 9 und 10 waren 125, 500 und 600.

grösserungen höchst unbedeutend sind und für gewöhnliche Verhältnisse kaum in Betracht kommen. Dass übrigens auch die Bestimmungen nach Pohl nicht absolut fehlerfrei sein werden, lässt sich daraus abnehmen, dass dabei immer noch eine Reihe von Messungen und Zählungen vorgenommen werden müssen, in denen sich wohl einmal ein mehr oder minder bedeutender Fehler einschleichen kann. Verfährt man indessen mit äusserster Sorgfalt, so dürfte wohl kaum auf irgend welche Weise eine grössere Sicherheit und Verlässlichkeit erreicht werden, als es bei diesem Verfahren möglich ist.

Zum Schlusse sei noch besonders auf einige Vorsichtsmaassregeln hingewiesen, welche man bei den directen Messungen, die ja immer die Grundlage der ganzen Arbeit bilden, zu beobachten gut thun wird.

Erstens hat man sich auf das Genaueste von der Beschaffenheit der Theilung des zu benutzenden Objectmikrometers zu überzeugen, um etwa vorkommende Unterschiede in dem Werthe der einzelnen Abtheilungen, welche wohl ohne Ausnahme bei solchen Mikrometern in höherem oder geringerem Maasse vorhanden sind, gehörig in Rechnung zu bringen. Am einfachsten umgeht man die hieraus fliessenden Ungenauigkeiten, wenn man nicht einzelne Abtheilungen für sich, sondern ganze Gruppen derselben, etwa 5 bis 10, der Messung zu Grunde legt. Dadurch vertheilt sich der etwaige Fehler so auf die einzelnen Abtheilungen, dass er kaum mehr einen Einfluss äussern kann. Noch besser ist es, wenn man nicht eine, sondern mehrere Gruppen von verschiedenen Stellen des Mikrometers misst und dann aus den verschiedenen Messungen das Mittel zieht. Auch ist es nothwendig, sich zu überzeugen, ob die getheilte Maasseinheit nicht abweicht, so dass z. B. mehr oder weniger als 1^{mm} getheilt wäre. Im Ganzen wird indessen eine geringe Abweichung in dieser Beziehung kaum von Belang sein. Nur bei den stärkeren Vergrösserungen ist dieselbe, namentlich bei den Messungen von Abtheilungsgruppen, genau zu beachten. Wäre z. B. statt eines vollen Millimeters nur $0{,}95^{mm}$ getheilt, so würde die Differenz zwischen dem wahren und dem gefundenen Werthe für eine Gruppe von 5 Abtheilungen $= 0{,}0025^{mm}$ sein, was bei einer Linearvergrösserung von 1000 schon von erheblicher Bedeutung sein und eine wirklich 1000fache Vergrösserung auf eine 975fache herabdrücken würde, ein Fehler, welcher die durch die verschiedenen Methoden gefundenen Differenzen bedeutend überschritte. Ueber die Mittel zur genauen Bestimmung dieses Maasses wird später bei den mikrometrischen Messungen das Nöthige beigebracht werden.

Zweitens hat man die Breite der Theilstriche gehörig zu berücksichtigen und zu beachten, dass der Werth einer Abtheilung nicht durch die einander gegenüberliegenden Ränder derselben, sondern durch deren Mitte oder deren gleichliegende (linke oder rechte) Ränder bestimmt wird. Bei dem Gebrauche eines solchen Mikrometers, dessen Theilstriche, wenn auch sonst bezüglich der Feinheit allen Anforderun-

gen genügend, doch bei stärkeren Vergrösserungen mit einer gewissen Breite erscheinen, muss man daher entweder genau auf die Mitte oder noch besser auf die gleichliegenden Ränder der letzteren einstellen und diese Stellen durch feine Bleistiftlinien markiren, oder bei der Vergleichung berücksichtigen.

Drittens muss das Auge sich stets in der einmal angenommenen Entfernung von der Fläche befinden, auf welcher das Bild des Mikrometers projicirt wird. Wo daher der Abstand der Objectivsysteme von dem Objecte merkliche Unterschiede zeigt, muss gesucht werden diese aufzuheben. Am einfachsten hilft man sich dabei, falls das Zeichenpult nicht zum senkrechten Verstellen eingerichtet ist, durch Auflegen von passend hergerichteten Brettchen oder Papptafeln, wenn die Entfernung zwischen Auge und Projectionsebene grösser wird. Um letztere genau zu messen, bedient man sich am besten eines verschiebbaren Maassstabes, welcher an der Fassung der Camera lucida festgeschraubt werden kann.

Viertens muss man sich daran gewöhnen, das Auge während des Vergleichens der sich deckenden Maasseinheiten oder während des Zeichnens der Mikrometerabtheilungen ganz ruhig zu halten. Denn bewegt sich dasselbe um seine Querachse nach rechts oder links, so finden immer in der Lage des Mikrometerbildes Verschiebungen statt, welche zu bedeutenden Fehlerquellen werden können.

Endlich hat man — worauf schon früher hingewiesen wurde — darauf zu achten, dass man nur die Theile des Bildes zur Messung verwendet, welche nahe an der Mitte des Gesichtsfeldes liegen. Zu diesem Zwecke ist eine einfache geschwärzte Blendung mit einer Oeffnung von 2,5 bis 3^{mm} ganz gut. Mittelst ihrer kann man, durch Auflegen auf die Blendung des Oculares, das Gesichtsfeld in dem gewünschten Grade beschränken.

Grösse des Gesichtsfeldes. — Bei der Ermittlung der Ausdehnung des Gesichtsfeldes, welche man zweckmässig mit der Bestimmung der Vergrösserungen verbindet, kommt dessen scheinbare und wahre Grösse in Betracht. Um die erstere zu finden, bedarf es, da dieselbe einzig und allein von dem Oculare abhängt, nur der Abzählung der in dem Gesichtsfelde erscheinenden Mikrometerabtheilungen bei Anwendung nur eines Objectivsystems mit den verschiedenen Ocularen und dann der Bildung des Productes aus ihrem wirklichen Werthe mit der entsprechenden Vergrösserungsziffer. Dieselbe beträgt z. B. bei dem mehrfach erwähnten Hartnack'schen Mikroskope, da mit System 7 und den Ocularen 1, 3 und 4 je 48, 38,5 und 35 Abtheilungen des in $^{1}/_{100}{}^{mm}$ getheilten Glasmikrometers in das Gesichtsfeld fallen und die entsprechenden Vergrösserungsziffern 250, 380 und 680 betragen: $\frac{48}{100} \cdot 250 = 120$, $\frac{38,5}{100} \cdot 380 = 146$ und $\frac{35}{100} \cdot 650 = 228$ Millimeter.

Den wahren Durchmesser erhält man hieraus für sämmtliche Combinationen, indem man den scheinbaren Durchmesser durch die entsprechende Vergrösserungsziffer dividirt. Er beträgt z. B. bei System 9 $\frac{120}{500}$, $\frac{146}{762}$ und $\frac{238}{1360}$, d. h. 0,24, 0,19, 0,17 Millimeter.

2. Prüfung des Begrenzungs- und Auflösungs- oder Unterscheidungsvermögens.

Bei der Prüfung eines Mikroskopes auf sein Begrenzungs- und Auflösungsvermögen hat man alle Vorsichtsmaassregeln zu beachten, welche bei schwierigen mikroskopischen Untersuchungen überhaupt in Anwendung kommen, und verweise ich daher, um Wiederholungen zu vermeiden, auf die dahin bezüglichen Stellen dieses Werkes. Nur einige kurze Bemerkungen möchte ich vorausschicken, welche meiner Erfahrung gemäss besondere Beachtung verdienen. Zunächst ist zu einer derartigen Untersuchung einzig und allein das Tageslicht zu verwenden und unter keiner Bedingung zu künstlicher Beleuchtung Zuflucht zu nehmen. Es werden in Bezug auf Nobert's Platte sowohl als auf die natürlichen Probeobjecte allerdings bei künstlicher Beleuchtung weit günstigere Resultate für das Instrument erzielt, diese aber sind durchaus nicht maassgebend, indem bei der grellen Beleuchtung selbst mittelst weniger guter Objectivsysteme Lösungen hervorgebracht werden, die zu grossen Erwartungen berechtigen könnten, wenn das Tageslicht dieselben nicht alsbald in Schaum aufgehen liesse. Daher rühren denn auch die erstaunlichen Resultate, welche hie und da mittelst in anderen Beziehungen ganz und gar nicht ausgezeichneter Systeme erreicht und bekannt gemacht worden sind. Das Mikroskop ist einmal seinem ganzen Zwecke nach für den Tag und nicht für die Nacht bestimmt und solche Fälle, wo man es zu letzterer Tageszeit gebraucht, sind und bleiben immer Ausnahmen. Ferner hat man darauf zu achten, dass man seine Prüfung bei möglichst gleichmässigem Lichte vornimmt. Am geeignetsten habe ich hierzu stets einen ununterbrochen mit hellen Wolken bedeckten, gleichsam mit einem dünnen, leuchtenden Wolkenschleier überzogenen Himmel gefunden. Das Licht ist dabei nicht allein vollkommen gleichmässig, es besitzt auch hinreichende Intensität, um alle erforderlichen Abstufungen in der Beleuchtung der Probeobjecte zu erzielen. Nach einem derartig beschaffenen ziehe ich einen rein blauen Himmel in den Morgen- und Nachmittagsstunden vor, in denen im Sommer die Sonne nicht zu hoch steht. Niemals sollte man eine derartige Arbeit bei zerrissen bewölktem oder grauem Himmel vornehmen, da im ersteren Falle die Beleuchtung zu sehr wechselt und bei einigermaassen schwierigen Objecten das Auge furchtbar ermüdet, im anderen Falle aber für die stärkeren Objectivsysteme das Licht nicht mehr ausreicht, um deren volle optische Kraft auszubeuten. Was endlich die Art der Beleuchtung betrifft, so ist zur Prüfung des

Begrenzungsvermögens nur die centrale Beleuchtung zu empfehlen. Auch bei der Prüfung des Auflösungsvermögens gebe man dieser normalen Beleuchtungsweise den Vorzug. Man prüfe erst die Kraft seiner sämmtlichen Objective in dieser Weise und schreite erst dann zur schiefen Beleuchtung, wenn bei ersterer nichts mehr zu erreichen ist, oder wenn man sich darüber unterrichten will, in welcher Weise schiefes Licht auf die Sichtbarmachung sowie auf die Aenderung der Ansicht schwieriger Probeobjecte einwirkt. Soll ich Gründe für dieses Verfahren anführen, so werden wohl folgende drei ausreichen. Erstens ist die centrale zugleich die normale Beleuchtungsweise für die meisten wissenschaftlichen Untersuchungen, während die schiefe nur in einzelnen Ausnahmefällen, und dann allerdings nicht ohne entschiedenen Vortheil, in Anwendung kommt. Es ist daher von der höchsten Wichtigkeit, zu wissen, bis zu welchem Grade man sich unter normalen Verhältnissen auf sein Instrument verlassen kann. Zweitens hängen die Resultate der Prüfung bei schiefem Lichte zu oft von einzelnen Umständen, wie Spiegelstellung und dergleichen, ab, so dass man sich bei sehr schwierigen Objecten oft vergeblich bemüht, eine gewisse Ansicht zu gewinnen, die ein anderes Mal Einem der Zufall ohne Weiteres in die Hände spielt. Drittens ändert sich die Ansicht der Probeobjecte mit dem Wechsel in der Richtung der Lichtstrahlen in mancherlei Weise und veranlasst nicht selten allerlei Täuschungen, worüber uns die verschiedenen Zeichnungen, die über das einzige Pleurosigma angulatum vorliegen und welche mannigfache Streitigkeit über die wahre Beschaffenheit seiner Oberflächenstructur hervorgerufen haben, genügend belehren.

Ueber das gegenseitige Verhältniss der beiden in der Ueberschrift bezeichneten Vermögen zueinander habe ich mich weiter oben schon ausgesprochen. Demgemäss reichten eigentlich diejenigen Probeobjecte, welche man vorzugsweise zur Prüfung des Auflösungsvermögens gebraucht, zur Prüfung beider aus und es bilden die nicht zu schwierig lösbaren derselben für die stärksten Objectivsysteme sogar die besten Prüfsteine für das Begrenzungsvermögen. Es kommen dann für das Auflösungsvermögen die Beschaffenheit der Zeichnung, die gegenseitige Entfernung und die relativen Maassverhältnisse der Linien, Punkte und dergleichen, für das Begrenzungsvermögen dagegen die Art und Weise, wie, d. h. die Schärfe und Klarheit, mit welcher ein Objectivsystem derartige Structurunterschiede erkennen lässt, in Betracht. Da es jedoch immer schwieriger ist, das Begrenzungsvermögen, als das Auflösungsvermögen genügend zu beurtheilen, so lange Einem nicht bestimmte Erfahrungen zur Hand gehen, so halte ich es namentlich denjenigen Lesern gegenüber, welche nicht schon mit dem Gebrauche des Mikroskopes vertrauter und im Auffassen mikroskopischer Bilder geübter sind, für angemessen, neben den Probeobjecten für das Auflösungsvermögen eine Reihe solcher aufzuführen und näher zu beschreiben, welche gewöhnlich zur Beurtheilung des Begrenzungsvermögens angewendet werden. Um ferner allgemeine, annähernd

gültige Anhaltspunkte zu gewinnen für den Grad des Auflösungsvermögens, welches neben dem nie und für keine Classe von Objectivsystemen ausser Acht zu lassenden vollkommenen Begrenzungsvermögen und der möglichsten Farbenfreiheit zu verlangen ist, scheint es mir geeignet, nach dem Vorgange Carpenter's die verschiedenen Objectivsysteme je nach dem Zwecke, dem sie zu dienen haben, zu classificiren, und dabei die entsprechenden Probeobjecte aufzuführen, welche den Maassstab zu ihrer Beurtheilung abgeben können.

Sieht man von einzelnen Nebenzwecken ab, so lassen sich die Objectivsysteme von den niedersten bis zu den höchsten Graden der Stärke in drei Classen bringen.

Die erste Classe umfasst alle diejenigen Objectivsysteme, welche vorzugsweise zur Betrachtung undurchsichtiger Gegenstände mittelst auffallenden Lichtes, sowie zur Untersuchung solcher durchsichtiger Objecte und Präparate gebraucht werden, die eine verhältnissmässig erhebliche Grösse besitzen, oder von denen man sich eine allgemeine Uebersicht der gröberen Structurverhältnisse verschaffen will. Es gehören dahin die Objectivsysteme von 60 bis zu etwa 10^{mm} Brennweite, welche mit den schwächsten, etwa $2^1/_2$- bis 3mal das objective Bild vergrössernden Ocularen (Hartnack u. A.) eine 10- bis 80malige, mit den stärkeren aber (Belthle) eine etwa doppelt so starke Vergrösserung gewähren *). Für diese Classe von Objectivsystemen kommt namentlich vollkommenes Begrenzungsvermögen und vollständige Farbenfreiheit in Betracht, während das Auflösungsvermögen in nur mässigem Grade entwickelt zu sein braucht, niemals aber auf Kosten der übrigen Eigenschaften bevorzugt sein darf. Zur Prüfung des Begrenzungsvermögens dieser Systeme eignen sich als Objecte für auffallendes Licht bei dunklem Grunde namentlich die Pollenkörner der Malvaceen, z. B. von Althaea rosea mit ihren Stacheln der Exine, dann Theile von Insectenflügeln, welche mit Farbeschuppen bedeckt sind. Für durchgehendes Licht gewähren die Tracheen der Seidenraupe und für stärkere Vergrösserungen die Haare von dem Rücken der Hausmaus, ebenso ein Längsschnitt aus dem Wurzelholze eines Nadelholzes gute Dienste. Gewährt ein Objectivsystem die später geschilderte Ansicht von diesen Objecten, so kann man sich mit dessen Leistungen zufrieden geben. Alle Linien müssen dabei scharf, klar und ohne zu grosse Breite erscheinen, wenn sie genau eingestellt sind. Zur Prüfung des Auflösungsvermögens der stärkeren Objectivsysteme dieser Classe dienen die ersten Gruppen der Nobert'schen Platte oder die denselben gleichstehenden natürlichen Probeobjecte, wozu die Schuppen von Lepisma saccharina und die gewöhnlichen Schuppen von Pieris rapae, dann die Kieselschalen von Pinnularia nobilis, Navicula viridis gehören, sowie die von einem Draht-

*) Ich habe hier immer das niedrigste in der Regel mit Nro. 1 bezeichnete Ocular der verschiedenen Werkstätten im Auge.

netze in der Brennfläche von grösseren Luftblasen entworfenen Bildchen. In dieser Beziehung genügt ein Objectivsystem zwischen 25 bis 10^{mm} Brennweite, wenn es, je nach seiner Brennweite, bei centraler Beleuchtung die erste bis fünfte Gruppe der Nobert'schen Platte scharf und deutlich löst, die Längsstreifen auf den grösseren, länglichrunden, oder für stärkere Vergrösserungen auf den kleineren, fast kreisrunden Schuppen von Lepisma, die Querstreifen von P. rapae, sowie die Querstreifen auf den Kieselschalen der genannten Diatomaceen zeigt, indem dann bei seinem Gebrauche alle diejenigen Einzelheiten der Objecte zum Vorschein kommen, zu deren Beobachtung sie dienen sollen. Objectivsysteme von stärkerem Auflösungsvermögen lassen selbst noch bei centraler Beleuchtung die Querstreifen auf den Schuppen des Weibchens von Hipparchia Janira erkennen und lösen bei schiefer Beleuchtung überhaupt die leichteren Probeobjecte für die folgende Classe. Man dürfte indessen kaum in den Fall kommen, bei den einschlägigen Untersuchungen von einem so hohen Auflösungsvermögen Gebrauch zu machen.

Zur zweiten Classe gehören die Objectivsysteme zwischen 10 bis 3^{mm} Brennweite, welche mit den schwächeren Ocularen eine etwa 100- bis 300malige, mit den stärkeren eine 150- bis 500malige Vergrösserung geben. Diese Objectivsysteme geniessen die ausgedehnteste Anwendung zu wissenschaftlichen Untersuchungen. Sie dienen vorzugsweise zur Beobachtung durchsichtiger oder durchsichtig hergerichteter Objecte und Präparate aus der morphologischen Entwickelungsgeschichte, sowie aus der allgemeinen und vergleichenden Histiologie des Pflanzen- und Thierreiches. Sollen dieselben ihrem Zwecke vollständig entsprechen, so ist neben einem vollkommenen Begrenzungsvermögen und möglichster Farbenfreiheit auch ein hinreichender Grad von Auflösungsvermögen erforderlich. Als Probeobjecte für das Begrenzungsvermögen sind für die schwächeren Objectivsysteme dieser Classe die Rückenhaare der Hausmaus, die Haare der gemeinen Fledermaus, zarte Längsschnitte aus dem Wurzelholze der einheimischen Coniferen, für die stärkeren die getüpfelten Schuppen von Lycaena Argus oder L. Alexis, die dunkleren Schuppen von Podura plumbea, quergestreifte Muskelfasern, sowie die Schleimkörperchen aus der Mundhöhle sehr geeignet. Für das Auflösungsvermögen können die fünfte bis zur zehnten oder zwölften Gruppe der Nobert'schen Probeplatte, die kleinen Bildchen des Drahtnetzes, und von den natürlichen Probeobjecten die Schuppen von Hipparchia Janira, Lycaena Argus und Lycaena Alexis, dann die Kieselschalen von Pleurosigma formosum, balticum und attenuatum, Grammatophora serpentina für gerades Licht, diejenigen von Synedra fulgens, Pleurosigma angulatum und Grammatophora marina für schiefes Licht in Anwendung kommen. Gutes Begrenzungsvermögen gibt sich durch hinreichend scharfe und dunkle, dabei aber feine und zarte Begrenzungslinien der genau eingestellten Theile des betreffenden Objectes zu erkennen. Breite Schatten der Grenzlinien, welche hier und da erzielt zu werden pflegen, sind ein

Zeichen von ungenügend gehobener Aberration und bilden, so sehr sie auch in Betreff mancher Bilder bestechen mögen, einen Fehler, der sich in einem oder dem anderen Falle bestimmt geltend macht. Ebenso beruht die Ansicht mancher Mikroskopiker, dass sich auch diejenigen Theile des Gegenstandes, welche sich nicht gerade im Focus befinden, deutlich darstellen müssten, worauf Carpenter (The microscop and its revelations, p. 177 and 178) ein eigens von ihm „penetrirende Kraft" genanntes Vermögen des Mikroskopes gründet, auf falschem Verständniss. Diese Eigenschaft ist, so angenehm sie auch in einzelnen Fällen der bequemen Uebersicht halber sein mag, ein Fehler des Objectives, der auf schlechter Verbesserung der sphärischen Abweichung beruht. Objectivsysteme dieser Art lassen den Beobachter häufig im Stiche, sobald es gilt, feinere Einzelheiten der Structur zu erforschen und festzustellen, was bei den hier in Frage kommenden Untersuchungen nicht zu umgehen ist. In Bezug auf das Auflösungsvermögen genügt es, wenn ein Objectivsystem dieser Classe je nach seiner Stärke die fünfte bis zehnte oder zwölfte Gruppe der Nobert'schen Platte, die Querstreifen auf den Flügelschuppen der genannten Schmetterlinge oder die Querstreifen auf den Kieselschalen der sieben erstgenannten Diatomaceen bei centraler Beleuchtung mit Schärfe und Klarheit löst. Objectivsysteme mit grösserem Oeffnungswinkel lösen wohl auch noch die ersten der zuletzt genannten Diatomaceen, sowie Nobert's Probeplatte bis etwa zur dreizehnten Gruppe mittelst traler Beleuchtung, während bei schiefer Beleuchtung auch die weniger schweren Probeobjecte für die folgende Classe, sowie die sechzehnte und zwanzigste Gruppe der Nobert'schen Platte noch auflösbar sind. So hohes Auflösungsvermögen ist indessen bei diesen weniger theuren Systemen des Continentes hie und da mit mangelhafter Correction der sphärischen Abweichung und einem so hohen Grade von Farbe verbunden, dass es mit Rücksicht auf die hier im Allgemeinen zu erzielenden Erfolge mehr schadet als nützt, indem solche Systeme mit Ausnahme einzelner besonderer Fälle zu den meisten Untersuchungen nicht gut brauchbar sind. Es wird daher, wo sich Einem oder dem Anderen ein scheinbares oder wirkliches Bedürfniss nach Objectivsystemen von so hohem Auflösungsvermögen den Optikern gegenüber geltend macht, von diesen der oben vorgeschlagene Weg zu befolgen sein.

Zu der dritten Classe gehören alle Objectivsysteme von unter 3^{mm} Brennweite, welche mit den schwächeren Ocularen eine 300- bis 600-malige Vergrösserung gewähren, während die letztere durch stärkere Oculare bis zu 1000- und 2000mal gesteigert werden kann, wenn das Objectivsystem in jeder Beziehung vollkommen ist. Für die eigentliche Beobachtung kommen allerdings nur die mittelst der schwächeren Oculare erzielten Vergrösserungen in Betracht, allein für manche Zwecke, z. B. für Zählung kleiner Objecte, mikrometrische Messung, bequemere Erkenntniss mancher Einzelheiten u. s. w., sind jene stärkeren Vergrösserungen ganz erwünscht. Diese stärksten Objectivsysteme sind von

einer weit beschränkteren Anwendung als die der vorhergehenden Classe. Sie dienen vorzugsweise zu Untersuchungen der feinsten anatomischen Gegenstände, bei denen es sehr zarte Structurverhältnisse zu erforschen gilt, dann zu Untersuchungen über die Entwickelungsgeschichte der organischen Elementartheile. Wer sich mit den feinsten und letzten Structurunterschieden in dem Baue der organischen Elementarorgane, der Zellhüllen und dergleichen, unterrichten, wer die Wissenschaft in Beziehung auf die Entstehung und Ausbildung der Zellen, Gefässe u. s. w. fördern und dabei die minutiösesten Einzelheiten aufspüren will, der kann derselben nicht entbehren, muss sich aber nicht allein mit deren immerhin nicht leichten Behandlung vertraut machen, sondern auch in der Präparation der entsprechenden Objecte die nöthige Fertigkeit erwerben, wenn er sich derselben mit Vortheil bedienen will. Für diese Systeme ist neben vollkommenem Begrenzungsvermögen und hohem Achromatismus, sowie neben bedeutender Lichtstärke ein hohes auflösendes Vermögen unbedingtes Erforderniss, und in je höherem Grade dieses unter vollständiger Bewahrung der genannten Eigenschaften entwickelt ist, desto höher steigt der Werth eines solchen Objectivsystemes. Dass dieses Ziel ein schwierig zu erreichendes ist, darauf wurde schon früher hingewiesen. Man darf sich daher auch nicht wundern, wenn solche Meisterwerke der praktischen Optik den früher gewohnten Preis bedeutend übersteigen. Die vorzüglichsten Objectivsysteme dieser Art, welche ich in neuerer Zeit kennen gelernt habe und in denen sich alle die genannten Eigenschaften in möglichster Vollkommenheit vereinigt finden, sind die zur Eintauchung in Wasser und Mohnöl bestimmten Amici'schen Objectivserien V und VI, dann die Hartnack'schen Systeme 9, 10 und 11 mit Verbesserungseinrichtung und zur Eintauchung in Wasser, denen ich vor den ersteren noch den Vorzug geben möchte, indem bei ihnen die auflösende Kraft noch etwas höher gesteigert, der Achromatismus aber fast noch vollkommener gewahrt ist.

Als Probeobjecte für das Begrenzungsvermögen können die lichteren Schuppen von Podura plumbea, die Schleimkörperchen, die Primitivfibrillen der quergestreiften Muskelfasern, und vor Allem als bester Prüfstein die Schärfe der kleinsten Bildchen auf Luftblasen und der Zeichnungen auf den Flügelschuppen der Schmetterlinge, sowie auf den Kieselschalen der Diatomaceen dienen, deren wahre Beschaffenheit bei den schwierigeren Objecten nur mittelst Objectivsystemen von ausgezeichnetem Begrenzungsvermögen erkannt werden kann. Zur Prüfung des Auflösungsvermögens dienen neben den genannten Bildchen des Drahtnetzes vorzugsweise die Nobert'sche Platte über die funfzehnte Gruppe hinaus und von den natürlichen Probeobjecten Pleurosigma angulatum und scalprum, Grammatophora marina und subtilissima, Navicula veneta und rhomboides (Amici, affinis), Fragillaria capucina, Striatella unipunctata, Surirella Gemma, Rhizosolenia styliformis, Frustulia saxonica und verschiedene Arten aus der Gattung Nitzschia. Nur die besten Systeme

lösen die leichteren der genannten Probeobjecte, ebenso die Nobert'sche Platte bis etwa zur zwanzigsten Gruppe bei sehr günstigem, weissem und intensivem Lichte und gerader Beleuchtung vollkommen, während man in der Regel schiefes Licht anwenden muss, um das erforderliche Detail zu sehen. Natürlich ist die Zeichnung bei centraler Beleuchtung, wenn auch hinreichend scharf, doch weniger leicht zu sehen als bei schiefer. Ich habe indessen bei sehr günstiger Beleuchtung und mittelst geraden Lichtes mit dem Hartnack'schen System 10 die Querstreifen von Grammatophora subtilissima einige Male so deutlich gesehen, dass ich sowohl, wie Andere, denen ich sie zeigte, dieselben mittelst des Spitzenoculares zählen konnten.

Es bleibt uns nun noch übrig, die eben aufgeführten Probeobjecte etwas näher zu betrachten und nach ihrer für den betreffenden Zweck vorzugsweise in Betracht kommenden Beschaffenheit zu charakterisiren. Die beigegebenen Zeichnungen mögen dabei den weniger Erfahrenen soweit als möglich unterstützen. Dieselben sind daher alle so ausgeführt, wie sie mit den anerkannt besten Objectivsystemen gesehen werden und wie sie sich dem Beobachter darstellen müssen, wenn das Instrument die im Voranstehenden hervorgehobenen Eigenschaften besitzen soll.

Probeobjecte für das Begrenzungsvermögen. — Ausschliesslich zur Prüfung des Begrenzungsvermögens verwendete Probeobjecte bilden:

1. Für auffallendes Licht auf dunklem Grunde: Stärkekörner von Solanum tuberosum, Canna indica u. s. w., Pollenkörner, Theile von Insectenflügeln, welche entweder mit den bekannten Farbeschüppchen oder mit feinen Haaren bedeckt sind. — Die Haare der Hausmaus.
2. Für durchgehendes Licht: Tracheen der Seidenraupe, Haare der Haus- und Fledermaus, Quer- und Längsschnitte von Pinus sylvestris und Abies excelsa oder einer anderen Nadelholzart, die getüpfelten Schüppchen von Lycaena Argus, Argiolus oder Alexis, die Schüppchen von Podura plumbea, quergestreifte Muskelfasern und endlich die sogenannten Schleim- oder Speichelkörperchen.

Die Stärkekörner, welche man am besten von der Kartoffel und wo möglich von den Früchten nimmt, weil diese nicht gar zu klein sind, müssen, wenn man sie mittelst auffallenden Lichtes betrachtet, von einer feinen, hellweissen, scharf abgeschnittenen Grenzlinie umgeben erscheinen und darf sich an dem scharf abgeschnittenen Rande durchaus kein Lichtnebel zeigen.

Unter den Pollenkörnern sind namentlich diejenigen vorzuziehen, deren Exine mit kleinen stachelförmigen Erhebungen besetzt ist, wie die der Malven. Sehr geeignet sind diejenigen von der gemeinen Stockrose, Althaea rosea, welche etwa einen Durchmesser von $^1/_6$ bis $^1/_8{}^{mm}$ be-

sitzen. Die kleinen Stacheln müssen scharf abgeschnitten gesehen werden und es darf ihre Begrenzung auch bei Anwendung der stärkeren Oculare nicht an Feinheit und Schärfe verlieren, wenn ein gutes Objectivsystem zur Beobachtung gebraucht wird. Erscheinen dieselben nicht scharf von der Fläche des Kornes abgehoben und ihre Grenzen verwaschen und nebelig, oder verbreitern sich dieselben bedeutend bei stärkeren Ocularvergrösserungen, so darf man überzeugt sein, dass das in Anwendung gekommene Objectivsystem mangelhaft corrigirt ist.

Ein sehr gutes Object für auffallendes Licht gewähren auch Theile solcher Insectenflügel, welche, wie bei den Schmetterlingen, bei dem Diamantkäfer (Curculio imperialis), dem Birnenrüsselkäfer (Cur. Pyri) und anderen dieser Familie mit kleinen Schüppchen oder, wie bei den Fliegen, mit kleinen Härchen bedeckt sind. Jene Schüppchen sowohl als die feinen Haare und deren kreisrunde Ansatzstellen müssen scharf umgrenzt und deutlich abgehoben erscheinen. Die behaarten Flügel eignen sich ausserdem auch recht gut zur Prüfung des Begrenzungsvermögens bei durchgehendem Lichte und ist dabei vorzugsweise auf das deutliche Hervortreten der Anhaftungsstellen der Haare zu sehen.

Die Haare der Hausmaus eignen sich sowohl für auffallendes wie für durchgehendes Licht und können in ersterem Falle trocken, sowie in eine Flüssigkeit eingelegt verwendet werden. Trocken eingelegte oder auch in Canadabalsam liegende Haare müssen die hellen und dunklen Stellen deutlich getrennt und durch scharfe Linien voneinander geschieden erkennen lassen, wobei die ersteren ein schön silberglänzendes Ansehen zeigen, Fig. 45.

Fig. 45. A 1:75

Fig. 46. 1:660

Fig. 47. 1:660

In Chlorcalcium eingelegte Haare werden ganz von der Flüssigkeit durchdrungen und lassen dann jene Verschiedenheit weniger gut erkennen, dagegen müssen sie von einer scharfen, feinen silberglänzenden Linie begrenzt erscheinen und es sollen bei mittleren und stärkeren Vergrösserungen der Objectivsysteme die Stellen deutlich hervortreten, welche durch die zellige Structur der Rindenschicht hervorgerufen werden. Bei durchgehendem Lichte zeigt sich ungefähr dasselbe Bild; nur erscheinen jetzt die vorhin

glänzenden Stellen dunkel, die vorher dunklen aber durchsichtig (Fig. 46 und Fig. 47).

Auch die Haare der gemeinen Fledermaus (Vespertilio murinus)

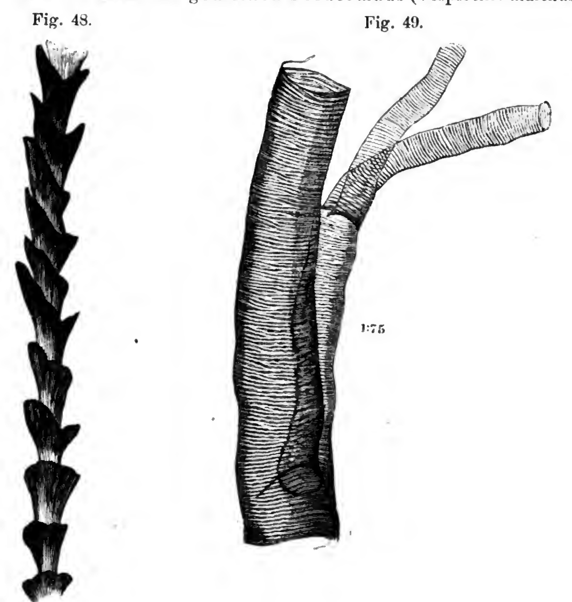


Fig. 48. Fig. 49.

(Fig. 48) bieten in der Structur ihrer Rindenschicht, welche aus spiralig geordneten, platten, schuppenartigen Zellen besteht, die am Rande etwas vorspringen, gleich den vorigen ein sehr gutes Probeobject für die stärkeren Objectivsysteme der ersten Classe und für die schwächeren der zweiten Classe bei durchgehendem Lichte.

Die Tracheen der Seidenraupe (Fig. 49) bilden ein recht brauchbares Probeobject und können die Hauptäste zur Prüfung schwächerer, die immer feiner und zarter werdenden Verzweigungen derselben zur Prüfung der stärkeren Vergrösserungen verwendet werden. Gute Systeme müssen die Spiralbänder deutlich von einander getrennt sowie klar und bestimmt umgrenzt zeigen, ohne dass sich in den Zwischenräumen die geringste Farbeerscheinung oder nebeliges Aussehen bemerkbar machen dürfen.

Der Querschnitt einer Nadelholzart, namentlich der Kiefer, eig-

net sich ganz vortrefflich für die Prüfung des Begrenzungsvermögens und bietet namentlich die Schärfe, Reinheit und Feine der Grenzlinien des aus der Intercellularsubstanz und den primären Zellstoffhüllen gebildeten Netzwerkes (Fig. 50) ausgezeichnete Anhaltspunkte für die mittleren und starken Objectivsysteme.

Auf Längsschnitten von Pinus sylvestris, Abies excelsa und der-

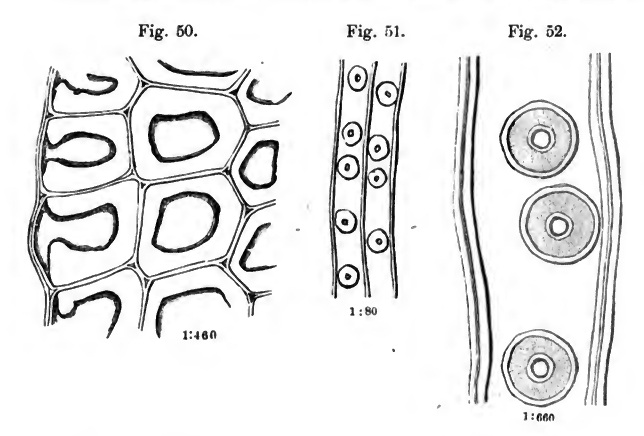


Fig. 50. Fig. 51. Fig. 52.

gleichen Nadelholzarten (Fig. 51 u. 52), welche man am besten aus dem Wurzelholze nimmt, kommt vorzugsweise die Umgrenzung des Tüpfelcanales in Betracht. Dieselbe muss nicht allein bei voller Zartheit doch klar und bestimmt hervortreten, sondern es muss auch der Innenraum völlig frei von jeglicher Farbenzerstreuung sein, wenn das Objectiv allen gerechten Anforderungen entsprechen soll. Ich finde dieses Probeobject nicht allein für die schwächeren Systeme, sondern auch für die stärkeren, namentlich aber für diejenigen der zweiten Classe sehr geeignet, indem das Bild, unter dem sich der ganze Tüpfel darstellt, einen sehr guten Anhaltspunkt zur Beurtheilung nicht nur der Correction der sphärischen, sondern auch der chromatischen Abweichung darbietet.

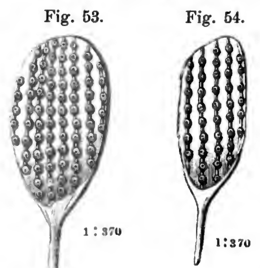


Fig. 53. Fig. 54.

Die getüpfelten Schüppchen von den Flügeln der vorher genannten Lycaena-Arten (Fig. 53 und 54) eignen sich sehr gut zur Prüfung der

Objectivsysteme zweiter Classe und werden zu diesem Zweck am besten in Balsam aufbewahrt, indem sie dann ein schön aufgehelltes Bild gewähren. Bei allen müssen sowohl die in Längsreihen geordneten ringförmigen Punkte mit der in ihrer Mitte stehenden haarförmigen Spitze deutlich und scharf umgrenzt gesehen, als auch die die einzelnen Ringe verbindenden zarten Längsstreifen erkannt werden, ohne dass einzelne nahe beieinander stehende Ringe zusammenfliessen dürfen.

Die Schüppchen, welche Körper und Beine der Podura plumbea bedecken, sind zweierlei Art, grösser, dunkler und kleiner, heller (Fig. 55 u. 56). Auf den ersteren, die sich ausserdem durch ihre mehr in die Länge gezogene Gestalt leicht bemerklich machen, sind die ihre Oberfläche bedeckenden, in wellenförmigen Querreihen angeordneten, keilförmigen Erhebungen bedeutend stärker markirt, während sie auf den letzteren, namentlich auf den fast kreisrunden Exemplaren weit zarter und schwächer gezeichnet sind. Die dunkleren Schüppchen sind für die schwächeren Objectivsysteme der zweiten, die helleren aber für die stärkeren Systeme dieser sowohl als für die schwächeren der höchsten Classe ein sehr gutes Probeobject für das Begrenzungsvermögen. Es müssen an ihm die genannten Zeichnungen deutlich, von der Umgebung bestimmt abgehoben und scharf begrenzt hervortreten, ohne dass sie unter der Form von zusammenhängenden Längslinien erscheinen, wie es häufig bei weniger gut definirenden Systemen der Fall ist. Mit den vollkommneren Systemen erkennt man zwischen den Längsstreifen auch zarte Querstreifen (Fig. 57), und mittelst der allerstärksten Systeme auf dem breiteren Ende der Keilchen, welche die Längslinien bilden, noch eine ringförmige Zeichnung, von der ich indessen noch nicht genau ermitteln konnte, woher sie rührt.

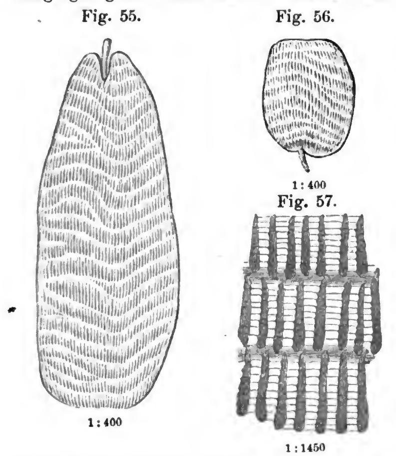


Fig. 55. Fig. 56. Fig. 57.

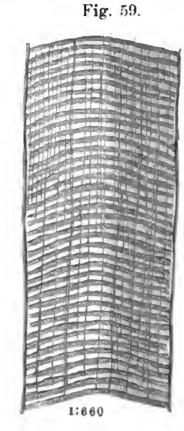
Die quergestreiften Muskelfasern (Fig. 58 u. 59, a. f. S.) welche man von dem Rinde oder dem Schweine nehmen kann, bilden für die Objectivsysteme der zweiten Classe das vorzüglichste Probeobject, welches ich kenne. Nur die besten Systeme dieser Classe gewähren ein Bild, welches die gesammten Structurverhältnisse mit der erforderlichen Klarheit und Schärfe erkennen lässt. Die Structur der Primitivfibrillen bedarf

zu ihrer genügenden Erkenntniss ein sehr gut begrenzendes System der dritten Classe, indem durch weniger vollkommene Systeme Bilder erzeugt werden, welche leicht zu falschen Anschauungen verleiten. So halte ich z. B. die Zeichnungen, welche dieselben perlenschnurartig darstellen, ebenso diejenigen von Carpenter (The microscop and its revelations, pag. 663), und Quekett (On the microscop, Fig. 284) für entschieden falsch, während diejenigen von Griffith (in dem Microcraphie Dictionary) offenbar der Wirklichkeit mehr entsprechen.

Fig. 58.

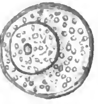
1:180

Fig. 59.



1:660

Fig. 60.



1 : 1450

Die Schleim- oder Speichelkörperchen (Fig. 60), welche man leicht erhält, wenn man mit einem Scalpelle oder sonstigem nicht ganz scharfen Messerchen an dem Zahnfleisch, der Innenseite der Wangen oder über den Rücken der Zunge hinstreicht, gewähren ein sehr schönes Object für das Begrenzungsvermögen der stärkeren und stärksten Systeme. Es kommt dabei hauptsächlich auf die scharfe Begrenzung im Allgemeinen sowohl, als namentlich des Kernes und der kleinen, weissen, in Molecularbewegung befindlichen Inhaltskörperchen an, welche nur mit recht guten Systemen in genügender Weise erkannt werden können.

Probeobjecte für das Auflösungsvermögen. — Als Probeobjecte für das Auflösungsvermögen dienen vorzugsweise:

Die Nobert'sche Probeplatte, Schüppchen von den Flügeln verschiedener Insekten und Kieselschalen aus den Diatomeengattungen, Navicula, Pleurosigma, Nitzschia u. A., endlich die schon erwähnten Bildchen eines Drahtnetzes.

Nobert's Probeplatte. — Die Probeplatte von Nobert (Barth in Pommern) besteht aus 10, 15, 20 oder 30, die neueste aus 19 Gruppen oder Bändern, in denen feine parallele Linien derart gezogen sind, dass sie in der ersten Gruppe am weitesten von einander entfernt und am stärksten, in der letzten am meisten einander genähert und am feinsten sind,

so dass sämmtliche Gruppen in Bezug auf die Schwierigkeit ihrer Auflösbarkeit in einzelne Linien eine annähernd regelmässig aufsteigende Reihe bilden. Man besitzt in derselben also, wenn sie eine genügende Anzahl solcher Bänder enthält, ein für alle Fälle ausreichendes Probeobject. Die Probeplatte bietet offenbar die meiste Zuverlässigkeit unter allen Objecten, sobald es darauf ankommt, genau vergleichbare und maassgebende Resultate zu erhalten, und es kann dieselbe wohl von keiner Reihe der natürlichen Probeobjecte ganz erreicht werden, sowohl in Bezug auf die Gleichförmigkeit verschiedener Exemplare als auch auf den stetigen Fortschritt in der Schwierigkeit der Lösbarkeit. Zwar trifft man auch bei ihr immer auf kleine Differenzen in der Stärke der einzelnen Linien und Liniengruppen, solche aber können einmal bei so höchst feinen Theilungen bis jetzt nicht vermieden werden. Namentlich sind in den höheren Gruppen der umfangreicheren Platten nicht alle Linien ganz gleichmässig ausgefallen und man begegnet immer einzelnen, welche die übrigen an Stärke übertreffen und demzufolge leichter gesehen werden können als diese, was namentlich bei centraler Beleuchtung sehr entschieden hervortritt, in minderem Grade dagegen sich bei schiefem Lichte geltend macht. Ueber den Grund dieser Ungleichheiten kann ich nichts Bestimmtes angeben, da mir nicht bekannt ist, durch welches Mittel Nobert diese feinen Linien auf dem Glase hervorruft, von denen manche Mikroskopiker glauben, dass sie mittelst des Diamantes eingerissen, andere, dass sie mittelst Flusssäure geätzt seien. Im Grunde ist es auch einerlei, wie die Linien hervorgebracht und wodurch die kleinen Unregelmässigkeiten veranlasst sind. Sie sind einmal da und die Hauptsache ist und bleibt ihr Einfluss auf den Werth der Platte als Vergleichungsobject. Dieser Einfluss machte sich allerdings bei den älteren Platten in einer Weise geltend, dass Mohl zu den gemachten Ausstellungen ganz berechtigt war. Er rührte indessen fast weniger von der Verschiedenheit in einzelnen Linien, als vielmehr von dem mehrfach geänderten Theilungsprincipe Nobert's und von der Feinheit der Linien je einer ganzen Platte her. In der neueren Zeit scheint indessen Nobert einen festen Eintheilungsgrund angenommen zu haben und die in den aus den letzten Jahren herrührenden Platten vorkommenden Unterschiede sind nach den Mittheilungen Pohl's, welcher eine Anzahl von Platten genau geprüft hat (Ueber mikroskopische Probeobjecte etc., Wien 1860), nicht so erheblich, dass sie die erhaltenen Resultate wesentlich beeinträchtigen könnten.

Da ich mich bestrebt habe, die in dem Folgenden näher beschriebenen natürlichen Probeobjecte durch Vergleichung mit einer der neuesten Nobert'schen Probeplatten von 30 Gruppen in eine Reihe zu bringen, welche in ihren einzelnen Gliedern annäherungsweise den Liniengruppen

---

*) Dasselbe rühmt Max Schultze (Archiv für mikroskopische Anatomie, Bd. I., Hft. 3 und 4) auch von den neuesten Platten mit 19 Gruppen.

letzterer entspricht, so wird es nicht unangemessen sein, dieselbe etwas näher zu beschreiben.

Diese Platte wurde im Jahre 1860 ausgeführt, hat ein so dünnes Deckglas, dass sie für alle mir bekannten Objectivsysteme verwendbar ist, und trägt die von Nobert mit dem Diamant eingeritzte Inschrift:

Test-Object

$$\frac{1'''}{1000} - \frac{1'''}{8000}$$

dann folgende Distanzangaben:

1 Dr. = 0''',001 000	15 Dr. = 0''',000 200
5 „ = 0, 000 550	20 „ = 0, 000 167
10 „ = 0, 000 275	25 „ = 0, 000 143

30 Dr. = 0''',000 125.

Sie enthält 30 Bänder, von denen immer je fünf wieder zu einer grösseren Gruppe vereinigt sind, indem sie durch einen weiteren Zwischenraum voneinander geschieden werden, als dieses bei den einzelnen Bändern der Fall ist. Hierdurch wird die Uebersicht in hohem Grade erleichtert und ein Irrthum in der Zählung der Bänder vermieden. Die Breite der einzelnen Bänder ist durch die ganze Platte fast gleich und beträgt nach meinen in der Mitte derselben vorgenommenen Messungen im Durchschnitt $0{,}013585$ bis $0{,}012877^{mm}$. Berechnet man die Summe der Linienabstände, wie sie Nobert für die einzelnen Gruppen angegeben hat, so ergibt sich dieselbe für

Gruppe 1 = $0{,}0135^{mm}$
„ 5 = $0{,}0136^{mm}$
„ 10 = $0{,}0130^{mm}$
„ 30 = $0{,}0127^{mm}$,

also annähernd die oben gefundenen Werthe.

Die Abstände der Linien in den aufeinanderfolgenden Gruppen sind nach Nobert's Angaben in Theilen der Pariser Linien, nach vorgenommener Umrechnung in Theilen des Millimeters ausgedrückt, folgende:

Gruppe.	Entfernung der Linien nach Nobert.	Entfernung der Linien in Theilen des Millimeters.	Anzahl der Linien in einer Gruppe.
1.	0,001 000$^{p.'''}$	0,002 256^{mm}	7
2.	0,000 850	0,001 917	8
3.	0,000 730	0,001 647	9
4.	0,000 620	0,001 399	10
5.	0,000 550	0,001 240	12
	0,000 480	0,001 082	13
7.	0,000 400	0,000 902	15
8.	0,000 350	0,000 789	17
9.	0,000 300	0,000 677	20
10.	0,000 275	0,000 620	22
11.	0,000 250	0,000 591	24
12.	0,000 238	0,000 566	25
13.	0,000 225	0,000 533	26
14.	0,000 213	0,000 508	28
15.	0,000 200	0,000 451	29
16.	0,000 192	0,000 433	30
17.	0,000 185	0,000 417	31
18.	0,000 178	0,000 401	32
19.	0,000 172	0,000 388	33
20.	0,000 167	0,000 376	34
21.	0,000 162	0,000 365	36
22.	0,000 157	0,000 354	37
23.	0,000 152	0,000 342	38
24.	0,000 147	0,000 331	40
25.	0,000 143	0,000 322	41
26.	0,000 139	0,000 313	42
27.	0,000 135	0,000 304	43
28.	0,000 131	0,000 295	44*
29.	0,000 128	0,000 288	45*
30.	0,000 125	0,000 282	46*

Zum Behufe der leichten Vergleichung der einzelnen Gruppen mit den Gliedern der aus den natürlichen Probeobjecten gebildeten Reihe habe ich die Anzahl der Linien bestimmt, welche in jeder der ersteren

*) Die mit * bezeichneten Zahlen sind nicht mit Sicherheit festgestellt.

auf 0,01^{mm} gehen. Dabei sind indessen nur die Linien der 1sten bis 27sten Gruppe einer wirklichen Zählung mittelst des Spitzenoculares unterworfen, die der übrigen durch Rechnung interpolirt worden, da ich in Uebereinstimmung mit meinen Zählungen in der 1. bis 27. Gruppe fand, dass die Anzahl der Linien, welche auf 0,01^{mm} kommen, nahezu im umgekehrten Verhältnisse ihrer gegenseitigen Entfernung stehen.

Die Resultate, welche auf diese Weise erhalten wurden, sind in folgender Tafel zusammengestellt, wobei ich, um möglichst ganze Zahlen zu erhalten, alle Bruchtheile über 0,5 zu der nächst höheren, alle unter 0,5 zu der nächst niedrigen Zahl zog. Nur in der ersten Gruppe durfte ich den Bruchtheil nicht vernachlässigen.

Es gehen auf 0,01^{mm}:

In Gruppe	I. . .	5,5	Linien.	In Gruppe	XVI. . .	22	Linien
„	II. . .	6	„	„	XVII. . .	23	„
„	III. . .	7	„	„	XVIII. . .	24	„
„	IV. . .	8	„	„	XIX. . .	25	„
„	V. . .	9	„	„	XX. . .	26	„
„	VI. . .	10	„	„	XXI. . .	27	„
„	VII. . .	11	„	„	XXII. . .	28	„
„	VIII. . .	13	„	„	XXIII. . .	29	„
„	IX. . .	15	„	„	XXIV. . .	30	„
„	X. . .	16	„	„	XXV. . .	31	„
„	XI. . .	17	„	„	XXVI. . .	32	„
„	XII. . .	18	„	„	XXVII. . .	33	„
„	XIII. . .	19	„	„	XXVIII. . .	34	„
„	XIV. . .	20	„	„	XXIX. . .	35	„
„	XV. . .	21	„	„	XXX. . .	36	„

Ausser dieser Platte verfertigt Nobert auf Verlangen auch noch solche mit 10, 15 oder 20 Gruppen, welche mit der ersteren in den gleichnamigen Gruppen, sowohl in Betreff der Linienabstände als auch der Feinheit der Linien vollkommene Uebereinstimmung zeigen *). Die Platte mit 10 Gruppen reicht wohl kaum mehr vollständig zur Prüfung selbst der mittleren Mikroskope aus; dagegen können diejenigen mit 15 und 20 Gruppen überall da für ausreichend erklärt werden, wo nicht die stärksten und vollkommensten Objectivsysteme der neueren Zeit geprüft

*) Die neueste Platte von 19 Gruppen, welche ich nicht selbst kenne, ist nach einem anderen Principe getheilt. Die Linienabstände der einzelnen Gruppen bilden darin folgende absteigende Reihe:

I. $^1/_{1000}$''' Par.
II. $^1/_{1500}$''' „
III. $^1/_{2000}$''' „
. .
. .
. .
XIX. $^1/_{10000}$''' „

werden sollen. Auch die von Nobert ursprünglich zur Ermittelung der Wellenlänge des Lichtes in Luft und Glas bestimmten Platten lassen sich recht gut zur Prüfung der Mikroskope verwenden. Solche sogenannte Wellenplatten aus der neueren Zeit enthalten (nach Pohl) 12 Liniensysteme, von denen das erste mit einer Liniendistanz von 0,000350 Pariser Linien der achten, das letzte mit einer Distanz von 0,000125‴ aber der letzten Gruppe der oben beschriebenen Platte entspricht. Das Verhältniss der übrigen Gruppen beider Objecte enthält nachfolgende Tafel, welche ich dem Schriftchen Pohl's entnommen habe:

Wellenplatte.	Probeplatte.
Gruppe I.	Gruppe VIII.
„ II.	„ IX.
„ III.	„ X.
„ IV.	„ XI.
„ V.	„ XIII.
„ VI.	„ XV
„ VII.	„ XVII.
„ VIII.	„ XIX.
„ IX.	„ XXI.
„ X.	„ XXIII.
„ XI.	„ XXVI.
„ XII.	„ XXX.

Bei dem Gebrauche der Nobert'schen Probeplatte hat man selbstverständlich sämmtliche Vorsichtsmaassregeln zu beachten, welche bei so schwierigen Untersuchungen überhaupt in Anwendung kommen müssen. Die Construction des Objectes macht aber ausserdem besondere Vorsicht nothwendig. Vor Allem hat man sorgfältig darauf zu achten, dass eine bestimmte Gruppe nur dann als wirklich gelöst angesehen wird, wenn alle Linien deutlich von einander getrennt erscheinen und nicht etwa dann, wenn man in derselben eine mehr oder minder deutliche Streifung wahrnimmt. Eine solche Streifung tritt namentlich bei den höheren Gruppen leicht hervor, indem die gröberen Linien, von denen vorher die Rede war, leichter gesehen werden und so eine Täuschung veranlassen können. Hier hilft nur die allergenaueste Einstellung und die sorgfältigste Durchmusterung der betreffenden Gruppe, um seiner Sache gewiss zu werden. So sehe ich z. B. mit einem Objectivsysteme, welches die 20. Gruppe deutlich löst, in noch weit höheren, z. B. in der 25. und 26. Gruppe die stärkeren Streifen und den Zwischenraum mit Längsstreifen schattirt, ohne dass aber die einzelnen Linien mit der erforderlichen Klarheit hervortreten.

Insektenschüppchen. — Die Schüppchen von dem Körper mancher Insekten sowie von den Flügeln gewisser Schmetterlinge eignen sich vorzugsweise zur Prüfung solcher Mikroskope, deren Objectivsysteme der

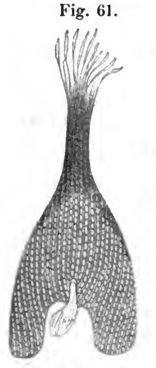
ersten und zweiten Classe angehören. Für die stärkeren dieser Systeme sollten sie in eine passende Flüssigkeit eingelegt sein, wodurch ihre Lösbarkeit etwas an Schwierigkeit zunimmt.

Das Detail, worauf es bei diesen Objecten ankommt, bilden die auf ihrer Oberfläche vorkommenden Längs- und Querstreifen, von denen die ersteren, am weitesten von einander entfernten und am stärksten markirten für die schwächeren Systeme, die letzteren, weit mehr einander genäherten und feiner gezeichneten aber für die stärkeren Systeme gebraucht werden können.

Die Längsstreifen werden durch Erhebungen der Oberfläche gebildet, zwischen denen muldenförmige Vertiefungen verlaufen, so dass die Schüppchen auf dem Querschnitte ein wellenförmiges Ansehen gewinnen. Sie erscheinen bei schwächeren Vergrösserungen und namentlich bei schiefem Lichte, welches senkrecht zu ihrer Längenachse einfällt, scharf von zwei Linien begrenzt. Bei stärkeren Vergrösserungen dagegen und centraler Beleuchtung nehmen sie unter einem gut definirenden Objectivsysteme ein gezähntes Aussehen an, indem dann die in gleicher Ebene liegenden und mit ihnen zugleich im Focus befindlichen Theile der Querstreifen mit zur Anschauung gelangen, wodurch sie an diesen Stellen etwas verdickt erscheinen. Bei den schwächeren Vergrösserungen können diese Structurverhältnisse eben ihrer Zartheit halber kaum die Schärfe der Grenzlinien moderiren. Bei schiefer Beleuchtung werden sie selbst mittelst stärkerer Systeme deshalb übersehen, weil die von den Längsstreifen geworfenen scheinbaren Schatten die Zeichnung zu sehr überdecken. Hierauf beruhen denn auch die auseinandergehenden Ansichten, welche von verschiedenen Mikroskopikern über die wahre Beschaffenheit dieser Längsstreifen aufgestellt wurden. So behauptet z. B. Brewster (Treatise on the microscope), dass die Querstreifen gar nicht existirten, sondern dass die Längsstreifen mit kleinen Zähnchen besetzt seien. Chevalier (Les microscopes etc.) beschreibt die Schüppchen von Pieris brassicae als mit Längsstreifen besetzt, welche aus kleinen nahe beieinanderstehenden Kügelchen gebildet würden, und hält die Sichtbarmachung dieser Kügelchen für den wahren Prüfstein für die Güte eines Objectivsystemes. Einige englische Mikrographen stimmen dem bei, andere, z. B. Goring, dann unter den Deutschen H. v. Mohl, widersprechen und behaupten das Vorhandensein von scharf begrenzten Längs- und Querstreifen, und es hält letzterer die Chevalier'sche Beschreibung jenes Probeobjectes für ein schlechtes Zeugniss, das er seinen Mikroskopen ausgestellt habe. Brewster ist nur theilweise mit seiner Behauptung im Rechte, da er die Querstreifen gänzlich übersehen oder vielmehr nicht gesehen hat; Chevalier aber hat entschieden Recht. Ich habe denselben Gegenstand neuerlich mit verschiedenen der besten Objectivsysteme der neuesten Zeit untersucht und denselben den Chevalier'schen Angaben entsprechend gebildet gefunden. Die bekannten herzförmigen Schüppchen von Pieris brassicae (Fig. 61 und 62) sind nämlich über ihre

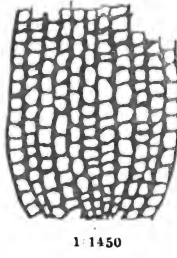
ganze Oberfläche, sowohl auf den Längsstreifen als in den Zwischenräumen, mit sehr kleinen, unregelmässig eckigen bis rundlichen Körperchen besetzt, wodurch unter gewissen Beleuchtungsverhältnissen die Ansicht von Querstreifen hervorgerufen wird, welche zwischen und neben den Längsstreifen verlaufen, während sie, bei gerader Beleuchtung durch gut begrenzende Objectivsysteme gesehen, in der von Chevalier gezeichneten Weise erscheinen.

Fig. 61.



1 : 370

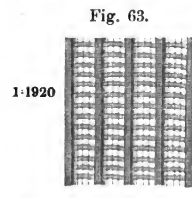
Fig. 62.



1 : 1450

Die Querstreifen verlaufen bei den meisten Schüppchen in senkrechter, bei anderen in schiefer Richtung zu der Achse der Längsstreifen, sowohl über die Kuppen dieser als über die Zwischenräume, ohne von ersteren unterbrochen zu werden. Bei derjenigen Einstellung des Mikroskopes indessen, welche man gewöhnlich wählt, um die Querstreifen innerhalb der Zwischenräume mit Bestimmtheit zu sehen, entgeht dieses Verhalten leicht der Beobachtung. Nur bei einer gewissen mittleren Einstellungsweise tritt dasselbe deutlich hervor. Die Querstreifen sind nun nicht ähnliche Erhebungen wie die Längsstreifen, sondern bilden vielmehr die vertieften Stellen zwischen den mehr oder minder regelmässig viereckigen bis rundlichen Körperchen, welche in der Regel zwischen je zwei von jenen in vier Längsreihen stehen. Hierdurch erscheinen zwischen den stärkeren Längsstreifen drei sehr zarte, welche bei weitem schwieriger zu sehen sind, als die Querstreifen, und daher als Prüfsteine für die stärksten Objectivsysteme dienen können. Ueberhaupt gehören die besten Objectivsysteme mit grossem Auflösungsvermögen sowohl, als mit guter Begrenzung und möglichst vollkommener Correction der chromatischen Aberration dazu, um diese Structur, wie sie in der nebenstehenden Zeichnung eines Schüppchens von Hipparchia Janira (Fig. 63) dargestellt ist, zu erkennen. Bruno Hasert hat diese Structur schon 1847 aufgespürt und dieselbe seitdem näher beleuchtet (Amtlicher Bericht über die 34. Versammlung deutscher Naturforscher und Aerzte zu Carlsruhe, Seite 212). Auf seine Anregung in brieflicher Mittheilung habe ich dieselbe ebenfalls einer näheren Untersuchung mittelst meiner stärksten Objectivsysteme unterworfen und mich auf das Bestimmteste von der Richtigkeit seiner Darstellung überzeugt. Damit war denn auch ein fester Anhaltspunkt dafür gewon-

Fig. 63.



1 : 1920

nen, wie diese Querstreifen durch gute Instrumente gesehen werden müssen. Ebenso erklären sich daraus die diagonalen Streifen, welche man bei gewissen Beleuchtungsverhältnissen mittelst starker Objectivsysteme auf den Schüppchen wahrnimmt. Beobachtet man die Querstreifen mittelst einer 300- bis 500fachen Vergrösserung bei gerade einfallendem Lichte, so erscheinen sie wie gezähnt, müssen dabei aber scharf begrenzt sein. Bei noch stärkeren Vergrösserungen treten alsdann auch die einzelnen Körperchen mit deutlicher, zarter Begrenzung hervor, sobald das betreffende Objectivsystem in sphärischer Beziehung hinreichend vollkommen verbessert ist. Schiefe Beleuchtung ist dagegen im Stande, bei den ersteren Vergrösserungen die wahre Structur zu verdunkeln und man gewahrt scharf markirte, linienähnliche Querstreifen, wie sie bisher von den meisten Mikroskopikern gefordert wurden, welche sich einmal daran gewöhnt hatten, bei solchen Prüfungen mit excentrisch gestelltem Spiegel zu arbeiten. Auch solche Objectivsysteme, welche bei nicht im höchsten Grade vollendetem Begrenzungsvermögen unvollkommene Correctur der chromatischen Abweichung besitzen, können selbst bei sehr hohen Vergrösserungen jenes Bild veranlassen. Daher rühren denn auch die Vorwürfe, welche man einzelnen als vortrefflich bekannten Objectivsystemen machte, welche die Querstreifen der Hipparchiaschuppen gezahnt zeigten. Wir werden im Gegentheil eine solche Zeichnung, wenn sie bei centraler Beleuchtung sonst scharf und bestimmt erscheint, als ein Zeugniss für die Güte eines Objectivsystemes nehmen müssen, während ein solches, welches dieselbe nicht zur Anschauung bringt, einen Mangel an Begrenzungsvermögen verräth. Die diagonalen Linien treten namentlich dann hervor, wenn schiefes Licht unter einem Winkel von 30 bis 60° auf die Längsstreifen trifft, während die zarten Längslinien dann am deutlichsten werden, wenn das schiefe Licht senkrecht gegen die Längenachse einfällt. In Bezug auf die Sichtbarkeit der beiden letztgenannten Liniensysteme kommen die Schmetterlingsschuppen den schwierigeren Probeobjecten aus der Familie der Diatomaceen fast gleich, ohne indess eine genügend vollständige Vergleichungsreihe darzubieten.

Nach diesen allgemeinen Bemerkungen gehe ich zur Schilderung derjenigen Schüppchen über, welche ich zur Prüfung der oben bezeichneten Instrumente für am geeignetsten halte. Dieselben würden der Zahl der Streifen nach, welche auf $0{,}01^{mm}$ gehen, etwa der 1. bis 9. Gruppe der Nobert'schen Platte entsprechen, stehen aber, trocken eingelegt, in der That etwas niedriger, da die Streifen dunkler und daher leichter zu sehen sind, als die einzelnen Linien auf jener. In Flüssigkeit eingelegt stellt sich dagegen annähernde Gleichheit heraus.

Die Schüppchen, welche den ganzen Körper von Lepisma saccharina, einem unter Leinen, Papier und Zucker, sowie an feuchten Brettern oft in zahlloser Menge auftretenden, kleinen Insekte aus der Ordnung der Flügellosen, bedecken und dessen perlmutterartigen Glanz hervorrufen, sind von zweierlei Art. Die grösseren (Fig. 64 u. 65) sind läng-

lichrund bis keilförmig und enthalten auf 0,01^{mm} 4 bis 5 Längsstreifen, welche zwar schon bei einer schwachen, etwa 20- bis 30maligen Vergrösserung gesehen werden können, aber der Durchsichtigkeit des Ob-

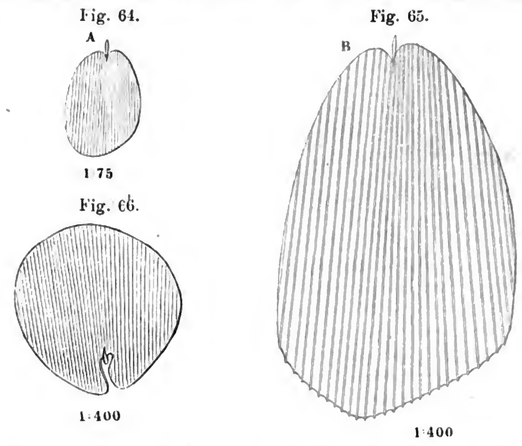
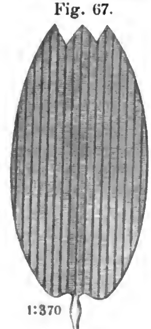


Fig. 64. Fig. 65. Fig. 66.

jectes und der scharfen Zeichnung der Streifen halber ein ganz gutes Probeobject für die schwächsten Objective darbieten, namentlich wenn man auch die Schärfe und Klarheit des Bildes richtig beachtet. Die kleineren (Fig. 66), sind fast kreisrund, sehr durchsichtig, enthalten 7 bis 8 Längsstreifen auf 0,01^{mm} und sind sehr geeignet zur Prüfung etwa 100-facher Vergrösserungen.

Hipparchia Janira ist ein fast überall in unserem Vaterlande gemeiner Wiesenschmetterling, der namentlich während der Monate Juli und August fliegt, zu welcher Zeit man ihn sich leicht verschaffen kann. Als Probeobject dienen vorzugsweise die hellgefärbten Schuppen von den Flügeln des Weibchens (Fig. 67), welches sich von dem Männchen leicht durch seine Grösse, sowie durch ein grösseres okergelbes bis rothes Feld unterscheidet, in welchem der Augenfleck steht. Die Längsstreifen, von denen 4 bis 5 auf 0,01^{mm} kommen, sind etwa von gleicher Schwierigkeit, wie die auf den grösseren Schüppchen von Lepisma saccharina. Von den Querstreifen gehen 10 bis 12 auf 0,01^{mm} und können zur Prüfung von 200- bis 300fachen Vergrösserungen dienen. Bei diesen schwächeren Ver-

Fig. 67.



grösserungen (Fig. 67) sowie bei senkrecht gegen sie einfallendem schiefen Lichte erscheinen dieselben als scharfe Linien (Fig. 68). Betrachtet man die Schüppchen aber mittelst stärkerer Objectivsysteme, so stellen sich die Querstreifen, welche sowohl über die erhabenen Längslinien als über die Zwischenräume verlaufen, wie gezähnt dar (Fig. 69) und man erkennt, wie dieselben von parallelen Reihen kleiner, viereckiger, an den Ecken mehr oder weniger abgerundeter erhabener Körperchen gebildet werden. Entsprechend auffallendes schiefes Licht bringt die zarten Längsstreifen oder auch diagonalen Streifen zur Anschauung.

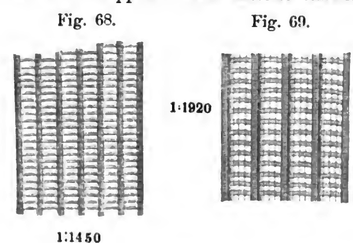
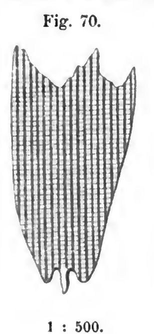


Fig. 68. 1:1450

Fig. 69. 1:1920

Lycaena Argus ist ebenfalls einer unserer gewöhnlichsten Schmetterlinge, der vorzugsweise in den späteren Sommermonaten auf trockenen Wiesen und Waldplätzen fliegt. Das Männchen ist dunkelblau mit schwarzen Streifen und weissem Saume, das Weibchen braun. Als Probeobject nimmt man die Schüppchen von der Oberseite der Flügel des Männchens. Dieselben sind dreierlei Art. Die schon früher beschriebenen, sogenannten getüpfelten Schüppchen interessiren uns hier nicht, sondern lediglich die zwei Arten mit Streifen. Die einen davon (Fig. 70 und 71), welche Bruchstücke eines Schüppchens darstellen, sind bei auffallendem Lichte blau, bei durchgehendem citronengelb gefärbt; die anderen erscheinen bei auffallendem Lichte braun, bei durchgehendem dunkelgraubraun. Beide haben auf dem Raume von $0{,}01^{mm}$ 6 bis 7 Längsstreifen, die sich sehr gut zur Prüfung schwächerer, 50- bis 100facher Vergrösserungen eignen. Die Querstreifen auf den dunkleren Schuppen, von denen 11 bis 12 auf $0{,}01^{mm}$ gehen, sind etwas schwieriger sichtbar zu machen, als diejenigen von Hipparchia Janira. Diejenigen auf den helleren sind, obgleich sie etwas weiter voneinander stehen, so dass 7 bis 9 auf $0{,}01^{mm}$ kommen, ihrer schwachen Zeichnung und der grossen Durchsichtigkeit der Schüppchen halber noch etwas schwerer zu sehen und verlangen schon eine gute Vergrösserung von 250- bis 300fach im Durchmesser.

Fig. 70.



1 : 500.

Fig. 71.

1 : 1450.

Ein noch etwas schwierigeres Object bieten die braunen (Fig. 72 und 73) und namentlich die gelben, sehr durchsichtigen, denen der vorigen Art ähnlichen Schüppchen von Lycaena Alexis, welcher etwa zu

gleicher Zeit mit dem vorigen fliegt und namentlich auf mit Klee oder Luzerne bestellten Feldern zu finden ist. Von Lyc. Argus unterscheidet sich derselbe leicht durch seine himmelblaue Färbung mit röthlichem Schimmer. Die Querstreifen stehen weit dichter als bei den vorhergehenden, auf den dunklen Schüppchen 14 bis 15, auf den lichten 10 bis 11 auf 0,01^{mm}, und bilden ein gutes Probeobject für etwa 200 bis 300-fache Vergrösserungen.

Fig. 72.

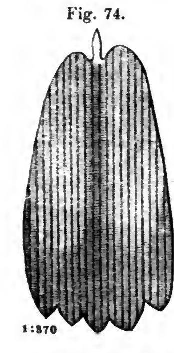
1:370

Fig. 73.

1:1450

Das schwierigste mir bis jetzt bekannte Probeobject dieser Classe liefern die hellen, bei durchfallendem Lichte gelbgrauen Schüppchen auf der Oberseite der Vorderflügel von Leucania Comma (Fig. 74). Dieser Schmetterling von gelblichbrauner bis braungrauer Farbe erscheint in manchen Gegenden häufig im Juli und August auf feuchten, mit Sauerampfer bewachsenen Wiesen und ist leicht an der eigenthümlichen von der Wurzel der Vorderflügel bis zu deren Mitte verlaufenden Zeichnung, welche ihm seinen Namen gegeben hat, zu erkennen. Die Querstreifen stehen zu 14 bis 15 auf 0,01^{mm}, kommen in Bezug auf die Schwierigkeit der Sichtbarmachung etwa denen von Pleurosigma balticum gleich und bilden, wenn die Schüppchen in Balsam liegen, ein für die Systeme der zweiten Classe ausreichendes Object.

Fig. 74.



1:370

Diatomaceenschalen. — Die Kieselschalen der Diatomaceen sind namentlich von England aus, wo sich eine namhafte Zahl von Mikroskopikern mit besonderer Vorliebe dem Studium ihrer Oberflächenbeschaffenheit widmeten, als Probeobjecte empfohlen worden. Im Allgemeinen sind sie in dieser Beziehung den Insektenschuppen weit vorzuziehen, da sie, gehörig zubereitet, einestheils weit durchsichtigere Objecte bilden, auf denen die entsprechenden Zeichnungen mit mehr Bestimmtheit und Schärfe hervortreten, anderntheils letztere gerade auch viel gleichmässiger sind, als auf jenen. Auch hat man unter den verschiedenen Objecten dieser Classe einen grösseren Spielraum, indem dieselben eine Reihe Probeobjecte liefern, welche von den schwächsten Systemen an durch alle Zwischenstufen hindurch bis zu den stärksten und vollkommensten ausreichen.

Die Zeichnungen, welche zu unserem Zwecke vorzugsweise Berücksichtigung verdienen, bilden entweder scheinbare Längs- und Querlinien, welche sich unter rechten Winkeln kreuzen, oder es sind zwei bis drei

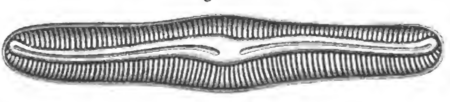
sich unter schiefen Winkeln schneidende scheinbare Liniensysteme vorhanden.

Ueber die wahre Beschaffenheit dieser Linien- oder Streifensysteme der feiner gezeichneten Arten herrschen ähnliche Meinungsverschiedenheiten wie jene, welchen wir bei den Schmetterlingsschuppen begegnen. Nach der einen Ansicht, welche zugleich die ältere ist und neuerdings namentlich von Reinicke (Beiträge zur neueren Mikroskopie, 1. u. 2. Heft. Dresden 1858 u. 1860) und, wie ich aus mündlichen Mittheilungen entnommen, auch von Schacht vertreten wird, sind die vorhandenen Zeichnungen durch sich kreuzende Liniensysteme hervorgerufen, welche verschiedenen Verdickungsschichten der Kieselschale angehören sollen. Nach der anderen dagegen sind die Liniensysteme nur scheinbar und werden durch nahe aneinander gerückte kleine, erhabene Kieselkörperchen hervorgebracht, indem bei der benutzten schiefen Beleuchtung die Schatten derselben ineinanderfliessen und den wahren Sachverhalt verdecken. Letztere Ansicht wird namentlich von den englischen Mikrographen, von Harting, v. Mohl, Hasert u. A., vertheidigt. Eine dritte Ansicht endlich, welche durch Carpenter und neuerlichst auch durch M. Schultze in Bonn vertreten wird, lässt die scheinbaren Streifen durch erhabene polygonale Vertiefungen begrenzende Zwischenräume hervorgerufen werden. Während der Prüfung der ausgezeichnetsten neueren Objectivsysteme mittelst dieser Objecte habe ich mich gleichfalls eingehender mit diesen Zeichnungen beschäftigt und glaube in dieser Beziehung zu entscheidenden, der letzteren Ansicht günstigen Resultaten gelangt zu sein, welche in dem speciellen Theile dargelegt werden sollen, da sie uns hier zunächst nicht weiter interessiren.

Diejenigen Diatomaceen, welche ich als Probeobjecte für die verschiedenen Classen von Objectivsystemen vorzugsweise als passend erkannt habe, denen sich aber natürlich noch manche andere, gleichwerthige an die Seite stellen liessen, vertheilen sich unter die Gattungen: Pinnularia, Navicula, Pleurosigma, Grammatophora, Synedra, Nitzschia, Fragillaria, Surirella und Striatella.

Pinnularia nobilis (Ehrenberg), Fig. 75, enthält auf 0,01^{mm} 4 bis 5 starke Querstreifen, welche schon bei 20- bis 25facher Vergrös-

Fig. 75.



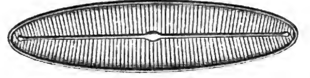
1 : 300.

serung zu sehen sind. Sie entspricht etwa der ersten Gruppe der Nobert'schen Probeplatte, so dass sie ein Probeobject für die Systeme von etwa 40 bis 20^{mm} Brennweite bildet. Dabei kommt natürlich vor-

zugsweise in Betracht, mit welcher Schärfe die einzelnen Linien hervortreten, da es wohl kaum zu erwarten ist, dass dieselbe nicht von allen Systemen dieser Classe gelöst wird.

Pinnularia viridis (Rabenhorst), Fig. 76, enthält auf 0,01^{mm} 7 bis 8 Querstreifen. Sie bildet ein Probeobject, welches etwa von der

Fig. 76.

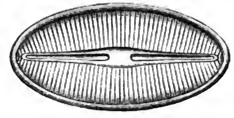


1 : 420.

dritten bis zur fünften Gruppe der Nobert'schen Tafel reicht und für die schwächeren Ocularvergrösserungen der Objectivsysteme von 20 bis 10^{mm} Brennweite geeignet ist.

Pinnularia elliptica (Rabenhorst), Fig. 77, welche sich häufig unter den beiden vorgenannten auch in Deutschland findet, entspricht

Fig. 77.



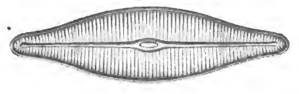
1 : 660.

etwa Gruppe VII. und hat 10 bis 11 Querstreifen auf 0,01^{mm}, deren scharfe Bestimmung schon ein Objectivsystem von etwa 7 bis 5^{mm} Brennweite erfordert.

Sämmtliche Pinnularien müssen in Balsam gelegt sein, wenn sie ihrer Stellung in Bezug auf die Nobert'sche Platte entsprechen sollen. Das Gleiche gilt von der zweiten der nachfolgenden Arten aus der Gattung Navicula.

Navicula veneta (Ktzg.), Fig. 78, mit 26 Querstreifen auf 0,01^{mm}, entspricht Gruppe XX. der Probetafel und gehört, selbst trocken liegend,

Fig. 78.



1 : 1560.

zu den schwierigeren Probeobjecten für die stärksten Systeme bei centraler Beleuchtung.

Noch schwieriger ist die unter dem Namen Navic la amici (fossil)

Fig. 79 und 80, bekannte Art, welche nach der letzten Londoner Industrieausstellung als Navicula affinis ausgegeben wurde, nach meiner eigenen Bestimmung eines von Bourgogné erhaltenen Exemplares aber keine andere als Navicula rhomboides ist. Dieselbe enthält neben stärkeren Längsstreifen *a*, von denen 22 bis 24 auf 0,01^{mm} gehen, sehr zarte Querstreifen *b*, deren man auf gleichem Raum 28 bis 30 zählt. Sie entspricht Gruppe XXIII. bis XXV. und erfordert die Anwendung schiefen Lichtes zu ihrer Lösung.

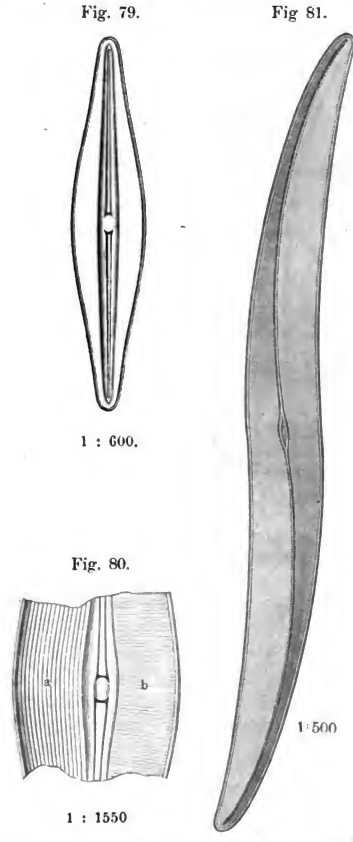


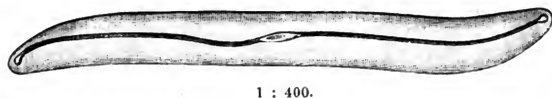
Fig. 79. Fig. 80. Fig 81.

Pleurosigma formosum, Fig. 81, zeichnet sich durch seine eigenthümlich geschwungene Mittelrippe und die mit ihrer Längsachse unter schiefem Winkel gegen sie gestellten länglich sechseckigen Körperchen aus. Dadurch entstehen zwei sich unter einem Winkel von 60 bis 80° kreuzende, den beiden schiefen Systemen von Pl. angulatum ähnliche Liniensysteme, von denen das eine stärker, das andere zarter gezeichnet ist. Die Anzahl der diagonalen Linien beträgt respective 11 bis 12 und 13 bis 14 auf 0,01^{mm}. Diese Art verträgt ganz gut die Einlage in Balsam, ohne dass ihre Lösbarkeit bedeutend an Schwierigkeit zunimmt, indem selbst bei dieser Aufbewahrungsweise ihre Linien noch etwas leichter zu sehen sind, als diejenigen, der ihr in der Linienzahl entsprechenden achten Gruppe der Probeplatte.

Pleurosigma balticum, Fig. 82, enthält ziemlich starke Längs- und gleichstarke Querstreifen, von denen 14 bis 15 auf 0,01^{mm} gehen, so dass es etwa der achten bis neunten Gruppe entsprechen würde. Bei

dieser und der folgenden Species lässt sich mittelst stärkerer Vergrösserungen leicht erkennen, wie die beiden Streifensysteme durch in die Länge

Fig. 82.



1 : 400.

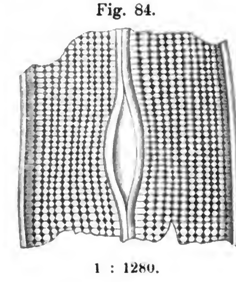
gezogene, am Grunde symmetrisch sechsseitige Höckerchen (Fig. 84) gebildet werden, welche mit ihrer Längsachse senkrecht zur Mittellinie stehen.

Pleurosigma attenuatum, Fig. 83 und 84, ist dem vorigen ganz ähnlich gezeichnet, nur sind die Längslinien schärfer und es stehen die etwa der X. Gruppe entsprechenden Querlinien etwas näher beisammen, so dass 16 bis 17 auf 0,01^{mm} kommen. In Balsam liegend, erscheint (wenigstens nach den in meinen Händen befindlichen Exemplaren), Pl. balticum nicht unbedeutend schwieriger, wie Pl. attenuatum, was, wenn nicht die Präparationsweise die Schuld daran trägt, wohl darin seinen Grund hat, dass die Oberflächenverschiedenheiten bei ersterer geringer sind, als bei letzterer.

Fig. 83.

1 : 400

Fig. 84.



1 : 1280.

Pleurosigma angulatum, Fig. 85 und 86 (a. f. S.), wohl am weitesten als Probeobject verbreitet und bekannt, zeichnet sich durch die vollständig regelmässig-sechsseitigen Zeichnungen aus, welche dessen Schalen bedecken. Man sieht daher auf derselben drei in verschiedener Richtung verlaufende Liniensysteme, von denen das eine senkrecht zur Mittellinie, also quer verläuft, die beiden anderen sich unter einem Winkel von 50 bis 60° schneiden. Mittelst sehr vollkommener Systeme und bei günstiger centraler Beleuchtung erkennt man schon bei etwa 400- bis 500maliger Vergrösserung deutlich die sechsseitigen Zeichnungen (Vertiefungen und deren erhabene Ränder), und stärkere 1000- bis 1500fache klare Vergrösserungen gewähren bei centraler Beleuchtung die entschiedenste Ueberzeugung, dass die erwähnten Liniensysteme ihr Entstehen ihnen verdanken, nicht aber sie durch sich schneidende parallele Linien hervor-

gerufene Scheinbilder sind. Die Begrenzung der Sechsecke ist dabei nach allen Seiten ganz gleich scharf und stark, was entschieden der Behauptung widerspricht, dass die drei Liniensysteme in verschiedenen Höhen lägen. Wendet man einseitig einfallendes, schiefes Licht an, so tritt, je nach der Lage der Kieselschalen gegen die Lichtstrahlen, das eine oder das andere der Liniensysteme besonders hervor. Die etwas weiter voneinander abstehenden Querlinien treten auf, wenn das schiefe Licht parallel mit der Längenachse einfällt. Um 90° gedreht, treten die beiden sich kreuzenden, enger gezogenen diagonalen Liniensysteme etwa mit gleicher Schärfe hervor, dagegen wird nur eines dieser scheinbaren Liniensysteme schärfer sichtbar, wenn die Längenachse der Schale etwa einen Winkel von 45° mit der Richtung der Lichtstrahlen bildet. Mittelst der stärksten Systeme beobachtet, wird man indessen auch bei schiefem Lichte die Linien nie anders erblicken, als es durch das Vorhandensein der Sechsecke bedingt ist, nämlich stellenweise verdickt und gebrochen.

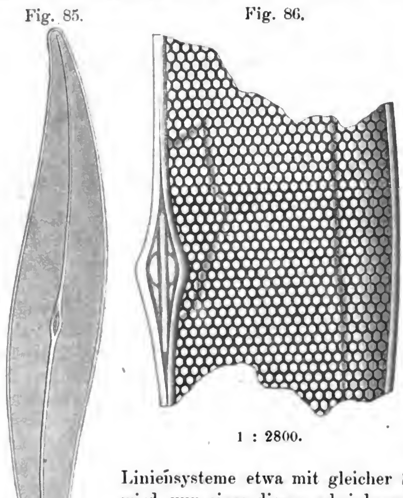


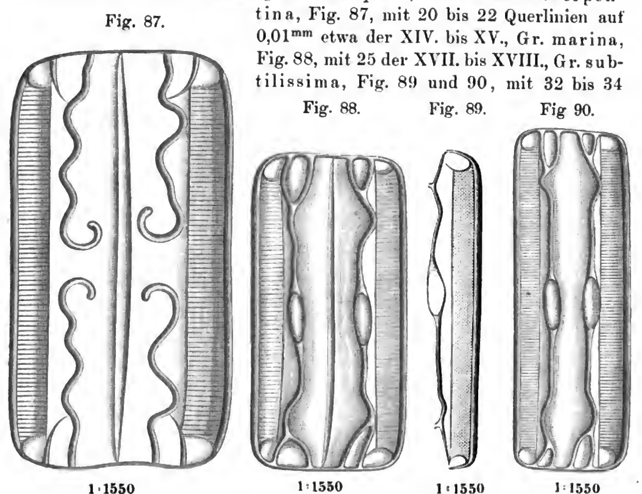
Fig. 85. 1 : 500.

Fig. 86. 1 : 2800.

An diesem Pleurosigma, welches mit 22 bis 23 schiefen (18 bis 20 queren) Streifen auf $0{,}01^{mm}$ etwa der XV. bis XVII. Nobert'schen Gruppe entspricht, haben wir ein Probeobject, welches etwa die Grenze für das optische Vermögen der Systeme zweiter Classe bezeichnen dürfte. Nur die besten und stärksten Systeme dieser Classe lassen bei centralem Lichte und bei günstiger Beleuchtung die Zeichnung äusserst fein und zart erblicken, während sie bei schiefem Lichte stärker und bestimmter hervortritt. Die guten Systeme der dritten Classe dagegen sollen schon bei mässig guter Beleuchtung und geradem Lichte alles Detail genau erkennen lassen.

Pleurosigma angulatum muss, wenn es die der Entfernung seiner Streifen entsprechende Stelle in der allgemeinen Reihe der Probeobjecte einnehmen soll, trocken eingelegt sein, indem es durch Aufbewahrung in Canadabalsam sehr an Schwierigkeit zunimmt.

Ganz vortreffliche Probeobjecte für die mittleren, stärkeren und stärksten Systeme liefert die Gattung Grammatophora, deren Arten Gr. serpentina, Fig. 87, mit 20 bis 22 Querlinien auf 0,01mm etwa der XIV. bis XV., Gr. marina, Fig. 88, mit 25 der XVII. bis XVIII., Gr. subtilissima, Fig. 89 und 90, mit 32 bis 34

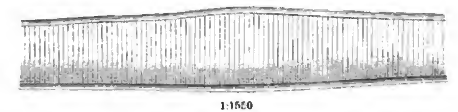


Querlinien aber den letzten zwanziger Gruppen der Nobert'schen Platte entspricht. Bei ersterer sieht man bei centraler Beleuchtung die Querstreifen schon recht gut mittelst vorzüglicher Vergrösserungen der Systeme von 5 bis 3mm Brennweite; auf der zweiten treten sie bei hellem Wolkenlichte sehr scharf bei den mir bekannten Wasserlinsen von Amici und namentlich von Hartnack hervor; um dagegen diejenigen der letzteren deutlich zu sehen, bedarf man schiefer Beleuchtung bei gutem Tageslichte. Bei allen drei Arten kommen neben den Querlinien auch sich schief durchkreuzende Linien wie bei Pl. angulatum vor (Fig. 89), die aber bei Gr. subtilissima äusserst schwierig zu sehen sind und zu ihrer Lösung bei sonst sehr günstiger Beleuchtung Anwendung gut regulirten schiefen Lichtes verlangen. Alle Exemplare der Grammatophoren, welche ich besitze, sind in Balsam eingelegt, und erscheint diese Art der Aufbewahrung für dieselben ganz geeignet, wie dies überhaupt bei mehreren Diatomaceen der Fall ist, deren Zeichnung dann bei der erlangten Durchsichtigkeit des ganzen Objectes oft fast schärfer und bestimmter hervortritt, als wenn sie trocken eingelegt sind.

Von den Synedra-Arten gewährt Synedra fulgens (Fig. 91) mit 17 bis 18 Streifen und etwa der XII. Gruppe nahe kommend für die mitt-

leren und stärkeren Systeme bei centraler Beleuchtung ein recht brauchbares Object.

Fig. 91.

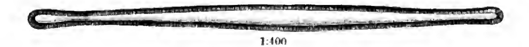


1:1550

Mehrere sehr schöne Probeobjecte liefert auch die nahe verwandte Gattung Nitzschia.

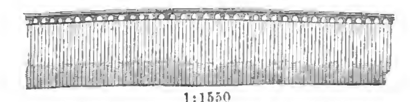
Nitzschia linearis, Fig. 92 und 93, mit 28, und Nitzschia sig-

Fig. 92



1:400

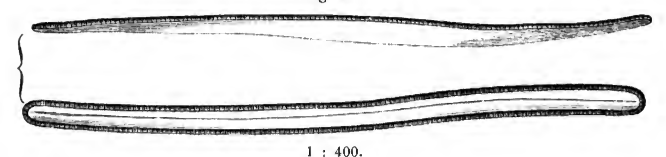
Fig. 93.



1:1550

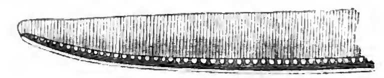
moidea, Fig. 94 u. 95 mit 30 feiner gezogenen Querstreifen auf 0,01^{mm}, von denen erstere etwa der XXI., letztere der XXIV. Nobert'schen Gruppe entspricht, gehören zu den schwierigeren Probeobjecten.

Fig. 94.



1 : 400.

Fig. 95.



1 : 1550.

Fragillaria capucina, Fig. 96 und 97, mit 26 bis 28 Querstreifen auf 0,01^{mm}, entspricht etwa der XXII. Gruppe der Probeplatte

und bildet, in Balsam liegend, ein die beiden vorhergehenden an Schwierigkeit etwas üertreffendes, recht schönes Object für die stärksten Objectivsysteme bei schiefer Beleuchtung.

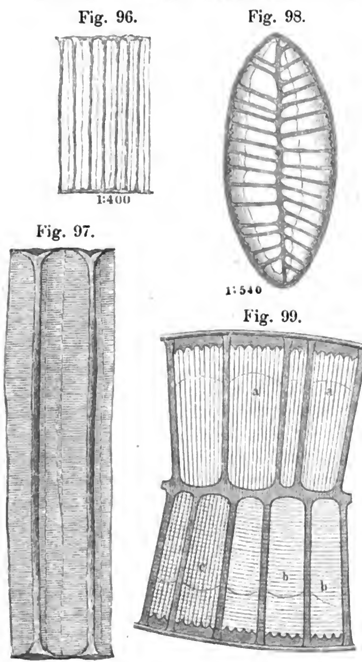


Fig. 96. 1:400

Fig. 97. 1 : 1250.

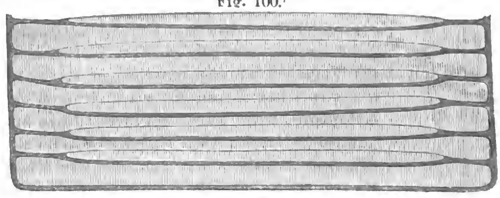
Fig. 98. 1:540

Fig. 99. 1:1550

Ein prachtvolles Object ist Surirella Gemma, Fig. 98 und 99. Die parallel den Querleisten verlaufenden stärkeren Querstreifen *a*, von denen 22 bis 24 auf $0{,}01^{mm}$ gehen, sind zwar schon bei centraler Beleuchtung deutlich zu sehen, dagegen aber sind die äusserst zart gezeichneten Längsstreifen *b*, welche auch über die Querleisten verlaufen und von denen 30 bis 32 auf $0{,}01^{mm}$ gehen *), sehr schwer sichtbar zu machen und verlangen schiefe Beleuchtung. Ein recht hübsches Bild gewährt diese Diatomacee bei letzterer Beleuchtungsweise, wenn die Strahlen etwa unter einem Winkel von 25 bis 30^0 auf die Längsstreifen treffen. Man sieht dann die Zwischenräume wie von einem korbartigen Geflechte erfüllt.

Die Querstreifen der Striatella unipunctata, Fig. 100 und 101, von denen 30 bis 32 auf $0{,}01^{mm}$ kommen, bilden gleichfalls eine der

Fig. 100.

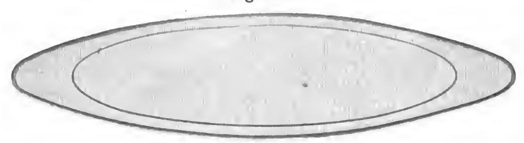


1:1550

*) In der Figur sind die Streifen beim Stich etwas zu weit entfernt gehalten worden.

schwierigsten Proben für die stärksten Systeme, und ist das Object, nach meinem Präparate, in Balsam eingelegt, in Bezug auf seine Lösbarkeit schwieriger als Grammatophora subtilissima.

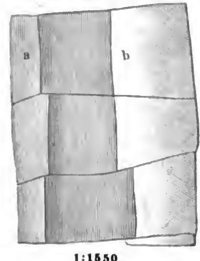
Fig. 101.



1 : 1550

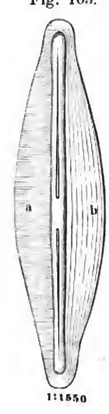
Endlich will ich noch zwei in der neuesten Zeit häufig genannte Probeobjecte erwähnen, von denen mir indessen das eine zu einer vergleichenden Prüfung weniger geeignet erscheint. Dieses Object, Rhizosolenia styliformis, Fig. 102, enthält 3 Liniensysteme, von denen das eine parallel mit der Längsachse verläuft, *a*, und 28 Streifen auf 0,01^{mm} enthält, während die beiden anderen sich schiefwinklig kreuzen, *b*, und 30 bis 32 Linien auf gleichen Raum kommen. Das Object ist sehr gross und walzenförmig mit zugespitzten Enden, die Streifensysteme sind daher immer nur an einzelnen Stellen, nie über die ganze Fläche zu sehen.

Fig. 102.



1:1550

Fig. 103.



1:1550

Frustulio saxonica (Rbhst.), Fig. 103, das zweite dieser Objecte, besitzt Längs- und Querstreistreifen, von denen die ersteren *b*, ziemlich weit entfernt stehen (etwa 18 bis 20 auf 0,01^{mm}), die letzteren *a*, dagegen einander etwas mehr genähert sind, als bei Grammatophora subtilissima, so dass 34 bis 35 auf 0,01^{mm} gehen. Beide Streifensysteme sind sehr schwach gezeichnet, so dass sie allerdings ein vorzügliches System zur Lösung verlangen. Man sieht sie indessen bei schiefem Lichte und günstiger Tagesbeleuchtung mittelst der stärksten Objectivsysteme fast ebenso gut wie diejenigen der Grammatophora, wenn nur das Object richtig zubereitet, „gespalten“ und trocken eingelegt ist. Liegt dasselbe dagegen in Balsam, so sind die Querstreifen sehr schwer zu sehen; ich habe sie indessen mit dem Systeme 10 von Hartnack auch in diesem Falle erkannt.

Die beschriebenen Probeobjecte genügen, soweit meine Erfahrungen gehen, für alle Fälle, namentlich auch für die Erkenntniss feinerer Unterschiede in dem Auflösungsvermögen der stärkeren Objectivsysteme. Im Allgemeinen wird man aber mit einer geringeren Anzahl ausreichen, und möchte ich vorzugsweise folgende für die Prüfung bei centraler Beleuchtung empfehlen. Für die Systeme der ersten Classe die Schüppchen von Lepisma saccharina (grosse und kleine) oder statt deren Pinnularia nobilis und viridis; für jene der zweiten Classe die Schüppchen von Hipparchia Janira, Pleurosigma attenuatum und allenfalls noch Grammatophora serpentina oder Synedra fulgens, für jene der dritten Classe endlich Pleurosigma angulatum und Grammatophora marina. Zur Prüfung der stärksten Systeme bei schiefer Beleuchtung lassen sich dann etwa noch Nitzschia sigmoidea und Grammatophora subtilissima zufügen.

Hauptbedingung für den Gebrauch dieser Objecte, mag man sich nun einer umfangreicheren Reihe oder nur einer kleineren Anzahl bedienen, bleibt aber immer die, dass man sich vorher mit deren Aussehen unter anerkannt guten Instrumenten vertraut mache, ehe man ihr Verhalten seinem Urtheile zu Grunde legt.

Zum Schlusse füge ich der bequemeren Vergleichung mit Nobert's Probeplatte wegen noch eine Tafel der beschriebenen Probeobjecte bei, welche die auf $0{,}01^{mm}$ kommenden Streifen sowie deren Entfernungen enthält *).

---

*) Die in Klammern beigefügten Zahlen der ersten Columne bezeichnen die entsprechenden aus den 19 Gruppen der neuesten Probeplatte, deren Beschreibung mir erst während des Druckes der Tafel bekannt geworden.

Nobert's Probeplatte.			Natürliche
Gruppe.	Anzahl der Linien auf 0,01mm.	Entfernung der Linien in Theilen des Millimeters.	Namen der Objecte.
1 (1)	5,5	0,002 256	Lepisma saccharina gross . . . .
2	6	0,001 917	Lepisma saccharina klein . . . .
3 (2)	7	0,001 647	Pinnularia nobilis . . . .
4	8	0,001 399	Pinnularia viridis . . . .
5 (3)	9	0,001 240	Navicula elliptica . . . .
6	10	0,001 082	Hipparchia Janira . . . .
7 (4)	11	0,000 902	Lycaena Argus lichte Schuppen .
8 (5)	13	0,000 789	Lycaena Argus dunkle „ .
9 (6)	15	0,000 677	Lycaena Alexis, lichte Schuppen .
10	16	0,000 620	Lycaena Alexis, dunkle „ .
11 (7)	17	0,000 591	Pleurosigma formosum . . . . . .
12	18	0,000 566	„ balticum . . . .
13 (8)	19	0,000 533	Leucania comma . . . .
14	20	0,000 508	Pleurosigma attenuatum . . . . .
15 (9)	21	0,000 451	Synedra fulgens . . . .
16	22	0,000 433	Grammatophora serpentina . . . .
17 (10)	23	0,000 417	Pleurosigma angulatum . . . . . .
18	24	0,000 401	Grammatophora marina . . . . . .
19	25	0,000 388	Navicula veneta . . . .
20 (11)	26	0,000 376	Fragillario capucina . . . .
21	27	0,000 365	Nitzschia linearis . . . .
22	28	0,000 354	
23 (12)	29	0,000 342	„ sigmoidea . . . .
24	30	0,000 331	Navicula rhomboides (Amici, affinis)
25 (13)	31	0,000 322	Striatella unipunctata . . . .
26	32	0,000 313	
27 (14)	33	0,000 304	Surirella Gemma (Längsstreifen) . .
28	34	0,000 295	Grammatophora subtilissima . . . .
29	35	0,000 288	Frustulia saxonica . . . .
30 (15)	36	0,000 282	

Probeobjecte.		Bemerkungen.
Anzahl der Linien auf 0,01mm.	Entfernung der Linien in Theilen des Millimeters.	
4 — 5	0,00222	
7 — 9	0,00142	
4 — 6	0,00250 — 0,00166	In Balsam.
7 — 8	0,00153	„
9 — 11	0,00111	„
10 — 12	0,00099	
8 — 9	0,00133	Bei den beiden Lycaena-Arten sind die hellen Schüppchen schwieriger zu lösen, als die dunklen.
12 — 13	0,00087	
10 — 11	0,00096	
14 — 15	0,00074	
12 — 14	0,00083	In Balsam.
14 — 15	0,00074	„
14 — 15	0,00074	
15 — 16	0,00069	„
17 — 18	0,00060	„
18 — 20	0,00055	„
22 — 23	0,00046	Trocken.
25	0,00041	In Balsam.
26	0,00040	Trocken.
26 — 28	0,00038	In Balsam eingelegt schwieriger, als
28 — 29	0,00036	die beiden folgenden Objecte.
		In Balsam.
30 — 31	0,00033	„
30	0,00033	In Balsam. Beträchtlich schwieriger als die vorhergehende.
30 — 32	0,00032	In Balsam. Eins der schwierigsten Objecte.
30 — 32	0,00032	Trocken. Sehr schwer zu lösen
32 — 34	0,00031	In Balsam.
34 — 35	0,00029	

Bildchen eines Drahtnetzes. — Ein sehr vorzügliches Probeobject gewähren die in dem Brennraume einer kleinen Luftblase erzeugten Bildchen von kleinen Gegenständen, welche von Harting (Mikroskop, Seite 294 u. f.) empfohlen worden sind. Diese Bildchen haben den Vortheil, dass sie unter den verschiedensten Verhältnissen anwendbar sind, dass man für die schwächsten wie für die stärksten Objectivsysteme mit einem einzigen, nicht von der Aufbewahrungsweise und anderen Umständen beeinflussten, Probeobjecte ausreicht, welches dann sowohl für das begrenzende wie für das auflösende Vermögen unter sich vergleichbare Resultate gewährt.

Harting hat ursprünglich für die verschiedenen Seiten des optischen Vermögens verschiedene Objecte zur Erzeugung der Luftblasenbildchen vorgeschlagen. Es scheint mir indessen vollkommen ausreichend, nur ein einziges dieser Objecte, nämlich das für die Prüfung der Unterscheidbarkeit der Gesichtseindrücke durch das Mikroskop verwendete, sowohl der Nobert'schen Probeplatte, als den natürlichen Probeobjecten aus der Reihe der Schmetterlingsschuppen und der Diatomaceenschalen sich eng anschliessende Drahtnetz zu benutzen. Die Schärfe der Zeichnung gewährt nämlich für die eine, die Grösse der Maschen an der äussersten Grenze der Unterscheidbarkeit für die andere der genannten Seiten des optischen Vermögens vollkommen ausreichende Anhaltspunkte.

Die Erzeugung geeigneter Luftblasen unterliegt nicht der geringsten Schwierigkeit und wird einem jeden Beobachter, auch dem weniger geübten, leicht gelingen. Löst man reines arabisches Gummi in Wasser, welches eine geraume Zeit an der Luft gestanden hat oder damit stark geschüttelt worden ist, so entstehen in der Lösung eine Menge von der, zwischen den kleinsten Pulvertheilchen noch enthaltenen, durch das mit Luft gesättigte Wasser nicht mehr absorbirten Luft herrührende kuglige Bläschen, welche ihre Grösse längere Zeit constant bewahren. Ebenso leicht erhält man solche, wenn man eine geringe Menge von Kreide auf einem Objectträger mit verdünnter Essigsäure übergiesst.

Um die Abplattung der Luftblasen in Folge des Druckes der Deckgläschen zu verhüten, trägt man auf dem Objectträger links und rechts von den Flüssigkeitstropfen einen Lackstreifen auf, oder mischt der Flüssigkeit kleine Abschnittchen von Schweineborsten, Papierschnitzel und dergleichen bei, auf welche das Deckgläschen zu liegen kommt.

Zur Aufnahme des Drahtnetzes oder eines bilderzeugenden Objectes irgend welcher Art bedarf es bei allen den Mikroskopen, welche mit senkrecht beweglichen Cylinderblenden, mit dem Harting'schen oder einem anderen Beleuchtungsapparate versehen sind, keiner weitern Vorrichtung. Man befestigt das Drahtnetz je nach Umständen entweder über der oberen oder vor der unteren Oeffnung des Messingcylinders, welcher die Blendungen aufnimmt, mittelst etwas Klebwachses, oder legt es auf den Theil des Beleuchtungsapparates, welcher die Beleuchtungs-

linse aufzunehmen hat. Fehlt bei dem zu prüfenden Mikroskope eine der genannten Vorrichtungen, so bringt man das Object auf ein besonderes Stativ mit einem in senkrechter Richtung verschiebbaren, horizontalen, in einen Ring endigenden Arm, wozu ein Lupenträger in den meisten Fällen ausreichen wird.

Durch die Aenderung des Abstandes unseres Drahtnetzes von der Einstellungsebene und passende Auswahl von Luftblasen wechselnden Umfanges hat man es in seiner Gewalt, Bildchen der verschiedensten Grösse zu erzeugen, die sowohl für schwächere, wie für stärkere Systeme bis zur Grenze der Unterscheidbarkeit der Gesichtseindrücke reichen. Das Bildchen verkleinert sich nämlich jederzeit in dem Verhältnisse, als die Luftblase kleiner und als das Object weiter von der Einstellebene entfernt wird.

Die Hauptvorsichtsmaassregeln, welche man insbesondere noch für diese Untersuchungsweise zu beachten hat, bestehen in Folgendem. Zunächst muss man, um für alle Fälle den nöthigen Spielraum in der Bildverkleinerung zu haben, die Bildchen so wählen, dass sie schon verhältnissmässig klein sind, wenn das Object der Einstellebene noch nahe steht. Dann darf man sich, um der Schärfe des Bildes keinen Eintrag zu thun, nur solcher Luftblasen zu dessen Erzeugung bedienen, welche scharfe und reine Zeichnungen liefern, also von Abplattung, von verunreinigenden Beimengungen, Stäubchen und dergleichen vollkommen frei sind. Endlich muss man es sich zum Gesetze machen, der Verkleinerung des Bildchens unbedingt da ein Ziel zu setzen, wo die Schärfe zu leiden, und die Zeichnung der Maschen ein verschwommenes Ansehen zu nehmen beginnt.

Zur genauen Bestimmung der Grösse der von den betreffenden Objecten erzeugten Bildchen, in unserem Falle also der Grösse der Maschen (der hellen Zwischenräume) und der Dicke der Drähte (der negativen Gesichtseindrücke) an der erreichten Grenze der Unterscheidbarkeit hat Harting eine Methode eingeschlagen, welche so umständlich und von so mancherlei Nebenumständen beeinflusst erscheint, dass dadurch das ganze Prüfungsverfahren für den praktischen Mikroskopiker in Frage gestellt wird. Glücklicherweise lässt sich aber diese Grössenbestimmung mit voller Sicherheit mittelst unserer gewöhnlichen mikrometrischen Methoden ausführen. Man kann dabei folgende Wege einschlagen:

1. Man zählt die Anzahl der Zwischenräume, welche für eine bestimmte Combination von Objectivsystem und Ocular auf eine bestimmte mikrometrische Maasseinheit, etwa auf $0{,}01^{mm}$, gehen (wie ich das bei den Diatomaceenschalen gethan habe) und berechnet dann die hieraus resultirende Breite der Zwischenräume, von der Mitte der sie begrenzenden Drähte aus gerechnet. Hätte man z. B. gefunden, dass auf $0{,}01^{mm}$ (auf welche Einheit man das Spitzenocular eingestellt hatte) 25 Zwischenräume fielen, so würde die Breite der Interstitien unter obiger Voraussetzung $\frac{0{,}01^{mm}}{25}$, also $0{,}0004^{mm}$ betragen.

2. Man schneidet aus dem Drahtnetze eine nach zwei Seiten hin begrenzte Anzahl von Maschen, am passendsten 10, heraus und misst dann mittelst des Ocularmikrometers oder irgend einer der später beschriebenen mikrometrischen Methoden die ganze Breite des Bildchens. Diese letztere durch die Anzahl der Maschen dividirt, ergibt die Breite der Zwischenräume von der Mitte der begrenzenden Drähte aus gerechnet. Wäre z. B. die Breite der 10 Zwischenräume an der äussersten Grenze der Unterscheidbarkeit = 0,0048^{mm} gemessen worden, so würde die Breite eines Zwischenraumes 0,00048^{mm} betragen.

Harting geht hier für die Grössenbestimmungen auch in anderer Beziehung einen verschiedenen Weg, indem er nämlich die Breite der Zwischenräume vom Saume der begrenzenden Drähte aus bestimmt und ausserdem noch die Dicke der Drähte der Messung unterwirft. Da es sich bei unserer Untersuchung indessen nur um die Gewinnung numerisch vergleichbarer Resultate, keineswegs um absolute Grössenbestimmungen handelt, und da jede mögliche Vereinfachung der Methode für den praktischen Mikroskopiker nur erwünscht sein kann, so muss ich den von mir eingeschlagenen Weg für vollständig genügend erachten. Ausserdem aber wird uns wohl für die Bestimmung des Abstandes der Linien auf der Nobert'schen Probeplatte, sowie der Streifen auf den schwierigeren Diatomaceenschalen kaum ein anderer Weg der Maassbestimmung übrig bleiben. Will man daher unter Berücksichtigung der sonst noch Einfluss äussernden Umstände die Maassverhältnisse dieser verschiedenen Classen von Probeobjecten untereinander in Vergleich stellen, so wird dies nur geschehen können, wenn man für die Breitenbestimmung der Zwischenräume des Drahtnetzbildchens die von mir eingeschlagene Methode befolgt.

Für solche Fälle, wo man die wahre Grösse der hellen Zwischenräume, sowie die Breite der negativen Gesichtseindrücke zu wissen wünscht, unterliegt auch diese Bestimmung durchaus keiner Schwierigkeit. Man braucht eben nur die Maassverhältnisse der Zwischenräume und der Drahtdicke des wirklichen Objectes ein- für allemal durch mikrometrische oder gewöhnliche Messung zu ermitteln und dann dieselben bei den Grössenbestimmungen des Bildchens in verhältnissmässigen Ansatz zu bringen.

Entspräche z. B. ein Zwischenraum des Drahtnetzes für eines der schwächsten Objectivsysteme 12, die Dicke eines Drahtes 8 Abtheilungen des Ocularmikrometers, so würde, wenn die Breite der Zwischenräume nach der oben geschilderten Methode bestimmt worden wäre, diese Breite nicht ganz, sondern nur $\frac{3}{5} = 0{,}6$ derselben, dagegen für die Breite der negativen Gesichtseindrücke $\frac{2}{5} = 0{,}4$ in Ansatz zu bringen sein. Die oben unter 1. gefundene Maasszahl 0,0004^{mm} würde dadurch in 0,00024^{mm} übergeführt und für die Dicke des Drahtes jene von 0,00016^{mm} hinzugekommen sein.

3. Prüfung der übrigen Eigenschaften.

Prüfung der Lichtstärke. — Die Lichtstärke eines Mikroskopes hängt vorzugsweise von den Objectivsystemen ab und ist von den bedingenden Factoren bereits an den betreffenden Stellen Erwähnung gethan worden. Dieselbe erscheint mir durchaus nicht von so geringem Einflusse, als manche Mikrographen anzunehmen geneigt sind; ich halte dieselbe vielmehr für einen der wichtigeren Momente in Bezug auf die Brauchbarkeit eines Instrumentes für die feinsten anatomischen Untersuchungen. Bei den schwächeren und mittleren Vergrösserungen sind die Unterschiede hierin bei den neueren Instrumenten allerdings nicht so beträchtlich und bemerkbar, dass dadurch ein wesentlich nachtheiliger Einfluss auf den Gang der Untersuchung ausgeübt werden könnte. Die 300- bis 500fachen Vergrösserungen dieser Mikroskope besitzen in der Regel noch einen solchen Grad der Lichtstärke, dass man selbst bei ungünstiger Beleuchtung recht gut damit arbeiten kann, ohne dem Auge zu grosse Anstrengung zuzumuthen. Ganz anders aber gestaltet sich das Verhältniss, wenn man zu stärkeren Objectivsystemen greift. Man trifft dann bei verschiedenen Instrumenten, ja selbst bei solchen einer und derselben Werkstätte aus älterer und neuerer Zeit auf so bedeutende Unterschiede, dass bei den einen, wenn die Beleuchtung einigermaassen ungünstig ist, Alles in Dämmerung gehüllt erscheint, während man bei den anderen noch ein hinreichend helles Gesichtsfeld hat und schöne, bestimmte Bilder erhält. In diesem Falle erscheint denn auch die Lichtstärke als ein entschieden maassgebender Punkt bei der Beurtheilung eines Instrumentes. Was in dieser Beziehung erreicht werden kann, zeigen die sehr schönen neuen, stärkeren Systeme von Bénèche, Belthle, Schröder und Zeiss, namentlich aber die Systeme zum Eintauchen von Amici und Hartnack, von denen namentlich die Systeme 9 und 10 des letzteren in der Lichtstärke noch unübertroffen dastehen.

Welchen Grad von Lichtstärke man von einem Mikroskope verlangen solle und könne, lässt sich nicht bestimmt in Worte fassen. Hier muss eben vorzugsweise die Erfahrung leiten. Als Maassstab für das Minimum der Leistung möchte sich wohl die Forderung H. v. Mohl's (Mikrographie, S. 209 u. f.) hinstellen lassen, dass das Gesichtsfeld bei geeigneter Benutzung des gewöhnlichen Beleuchtungsapparates einen solchen Helligkeitsgrad zeige, wie ein von gutem Tageslichte erhellter Bogen weissen Papieres. Legt man diesen Maassstab an die besseren neueren Objectivsysteme, so genügen dieselben bei günstigem Lichte noch bei 800- bis 1000fachen, ja selbst höheren Vergrösserungen.

Ein in Zahlen ausdrückbares Maass für die Lichtstärke verschiedener Instrumente ist gleichfalls nicht gut möglich. Man müsste für diesen Fall eben photometrische Apparate benutzen, deren Anwendung einmal noch höchst schwierig und unbequem und dann auch nicht einmal von so erheblichem Nutzen sein würde, als man glauben möchte. Soll in-

dessen die relative Helligkeit zweier oder mehrerer Mikroskope verglichen werden, so wendet man am besten das von Goring (Micrographia S. 114) empfohlene Verfahren an, welches ausreichende Resultate liefert. Man richtet zu dem Ende die zu vergleichenden Instrumente mit ihren Objectivsystemen gegen dieselbe Stelle des Abendhimmels und beobachtet, in welchem derselben bei zunehmender Dunkelheit das Bild eines Gegenstandes, auf den die Objective eingestellt sind, zuerst verschwindet. Dasjenige Instrument, bei welchem dieser Fall eintritt, ist dann natürlich das lichtschwächere. Diese Prüfungsweise hat aber immer etwas Unbequemes und lässt sich ausserdem nur bei solchen Instrumenten anwenden, deren Körper man die entsprechende Stellung geben kann. Weit einfacher verfährt man daher so, dass man — wo dieser vorhanden ist — das Licht mittelst des Planspiegels in gewöhnlicher Weise in das Mikroskop werfen lässt. Das Resultat bleibt dann ganz das gleiche, was nicht der Fall sein würde, wollte man zu diesem Zwecke den Hohlspiegel verwenden, der bei verschiedenen Mikroskopen verschieden ist.

Ausdehnung, Ebenung, Gleichmässigkeit und Färbung des Gesichtsfeldes. — Ueber die Maassbestimmung der Ausdehnung, respective des Durchmessers des Gesichtsfeldes, welcher bei gleichem Objectivsysteme hauptsächlich von der Construction des Oculares abhängig ist, ist schon weiter oben das Erforderliche beigebracht worden. Es bliebe demnach hier noch zu untersuchen, ob dasselbe in seiner vollen Ausdehnung oder nur theilweise und bis zu welchem Bruchtheile verwendbar ist. Das Maass der nutzbaren Ausdehnung steht nun aber — gleiche Construction des Oculares vorausgesetzt — in vorzugsweiser Beziehung zu der Beschaffenheit der Objectivsysteme. Es hängt dasselbe nämlich von der Verbesserung der beiden Abweichungen ab, welche zwar meistens in der Mitte des Gesichtsfeldes oder auch in einzelnen Randzonen in hinreichendem Grade gehoben erscheinen, in den äussersten Randtheilen desselben dagegen noch zu stark entwickelt sind. Dies ist dann ein Fehler, der immer in mehr oder minder hohem Grade die Wirkung des betreffenden Instrumentes beeinträchtigt. Um sich von dem Grade der Farbenfreiheit sowohl als von der Correctur der sphärischen Aberration der Randtheile des Gesichtsfeldes zu überzeugen und somit den nutzbaren Theil der ganzen Ausdehnung zu bestimmen, dient wieder sehr gut der schon mehrfach empfohlene Quer- oder Längsschnitt eines Nadelholzes, indem das Freisein von Farbenerscheinungen, sowie die Schärfe und Bestimmtheit der Einzelheiten in der Structur über die ganze Fläche des Gesichtsfeldes nur bei vollkommenen Systemen vorhanden ist, jeder Fehler in dieser Beziehung aber leicht erkennbar hervortritt. Freilich muss der Schnitt dann aber auch in grösserer Ausdehnung gleichmässig ausgeführt sein.

Von nicht minderer Wichtigkeit, als die wirklich nutzbare Ausdehnung, ist die möglichst vollständige Ebenung des Gesichtsfeldes. Besitzt dasselbe eine merkliche Krümmung, welche sich dann vorzugsweise in den äusseren

und äussersten Randpartieen geltend macht, so tritt für den vollen Ueberblick eines Präparates und für eine bestimmte Einstellung ein ähnlicher Fall ein, wie wenn eine unvollständige Hebung der Abweichungen vorhanden ist. Es ist dann, eine bestimmte, auf die Mitte des Objectes bezügliche Einstellung vorausgesetzt, gleichfalls nur der mittlere Theil des mikroskopischen Bildes für feinere Untersuchungen verwendbar, weil die tiefer gelegenen Randtheile desselben stets an Schärfe und Bestimmtheit verlieren, und für den Fall, als sie ebenfalls mit Sicherheit durchforscht werden sollen, eine veränderte Einstellung fordern. Fällt nun dieser Umstand auch weniger bei solcher Beobachtung ins Gewicht, wo man überhaupt nur einen kleinen Theil des Objectes vorzugsweise in Betracht zu ziehen hat, und folglich denselben immer in die Mitte des Gesichtsfeldes bringen kann, so tritt er doch um so empfindlicher bei einer grossen Anzahl solcher Fälle hervor, wo man sich eine mehr übersichtliche Anschauung grösserer Gewebemassen und der relativen Beschaffenheit und Lagerung ihrer constituirenden Bestandtheile verschaffen möchte.

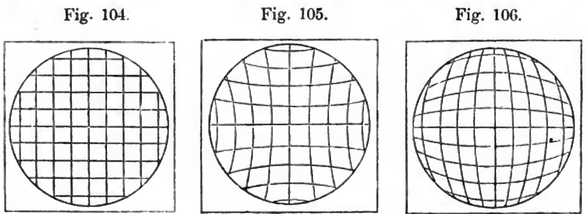
Ein störender Fehler bleibt die starke Krümmung des Gesichtsfeldes in allen Fällen und sollte dieselbe von den Optikern, soweit als irgend thunlich, vermieden werden, ohne dabei natürlich eine der anderen Eigenschaften zu opfern. Die neueste Zeit hat auch in dieser Beziehung ganz befriedigende Resultate geliefert, indem es unsere Optiker verstanden haben, die Krümmung des durch das Collectiv entworfenen reellen Bildes durch die Construction der Objectivsysteme auf ein möglichst geringes Maass zurückzuführen. Theoretisch würde die volle Beseitigung der Krümmung ebenfalls ausführbar sein, wieweit dies aber durch veränderte Construction der Oculare in der Praxis zulässig ist, wage ich nicht zu entscheiden.

Die Krümmung des Gesichtsfeldes gibt sich am deutlichsten zu erkennen, wenn man ein vollständig ebenes Bild als Object benutzt und untersucht, ob dasselbe in allen seinen Theilen mit gleicher Deutlichkeit erscheint. Ich benutze am liebsten sogenannte mikroskopische Photographien mit Druckschrift, wie man sie häufig aus englischen Handlungen, hier und da auch in Deutschland erhält. Weniger sichere Resultate liefern dünne Pflanzenschnitte, weil man eben hier nicht immer eine vollständig ebene Fläche bei dieser Prüfungsweise herzustellen im Stande ist. In der Regel wird man — ich habe es bei allen von mir untersuchten Mikroskopen beobachtet — finden, dass die Randpartien des Bildes eine Annäherung des Tubus an das Object erfordern. Die Bildfläche richtet ihre erhabene Seite nach oben und es lässt sich durch das Maass der verlangten Aenderung in der Einstellung das Mehr oder Minder der Krümmung erschliessen.

Weit nachtheiliger als die Krümmung der Bildfläche wirkt die Verzerrung des Bildes in den Randtheilen des Gesichtsfeldes, d. h. die ungleichmässige Vergrösserung in dessen verschiedenen Theilen. Dieser Fehler

sollte immer und unbedingt gehoben erscheinen. Alle neueren Mikroskope, die ich zu untersuchen Gelegenheit hatte, sind in der That auch beinahe völlig frei davon und zeigt namentlich das Gesichtsfeld der orthoskopischen Oculare von Kellner (Belthle), Schröder u. A. eine vollständig gleiche Vergrösserung des ausserdem sehr grossen (indessen nicht völlig ebenen) Gesichtsfeldes. Wo ein Instrument einmal mit diesem Fehler behaftet erscheint, ohne dass eine Aenderung möglich ist, da muss man sich jedenfalls auf das Genaueste davon zu überzeugen suchen, welcher Theil des Gesichtsfeldes zu verwerfen und welcher auch für die feinsten Untersuchungen, Messungen u. s. w. noch unbedingt verwendbar ist. Als bestes Prüfungsmittel hierfür lässt sich das schon von Harting vorgeschlagene, in quadratische Felder getheilte Glasmikrometer empfehlen. Weniger gut eignen sich dazu andere, von manchen Seiten empfohlene mikroskopische Objecte, weil ihnen einestheils die nöthige Gleichförmigkeit fehlt, anderntheils die statthabenden Verzerrungen und Verbiegungen der Umrisse sich nicht mit jenem Grade von Sicherheit beurtheilen lassen, der hierzu unbedingt erfordert wird. Ist die Vergrösserung über die ganze Ausdehnung des Gesichtsfeldes eine vollkommen gleichmässige, wie bei den orthoskopischen Ocularen, so werden die Quadrate des Mikrometers sämmtlich von geraden Linien begrenzt erscheinen, Fig. 104. Ist dagegen, wie das bei den gewöhnlichen Ocularen hie und da der Fall ist, die Vergrösserung des Bildes in den Randtheilen des Gesichtsfeldes eine stärkere als in der Mitte, so müssen die Quadrate von mehr oder minder stark nach auswärts gebogenen Linien eingefasst erscheinen, Fig. 105. Das Umgekehrte findet statt, wenn, was indessen kaum vorkommen dürfte, die Vergrösserung in der Mitte, jene in den äusseren Theilen übertrifft (Fig. 106). Weniger in die Augen fallende, aber immerhin genügend sichere Resultate gewährt auch ein gewöhnliches Glasmikrometer, wenn dessen Theilstriche nur die erforderliche Länge besitzen. Dieselben erscheinen im zweiten und letztern Falle nur in der Mitte des Gesichtsfeldes ganz gerade, an den Randtheilen dagegen nach aussen oder innen concav.

Fig. 104. Fig. 105. Fig. 106.



Die Färbung des Gesichtsfeldes, obgleich sie, auch selbst dann, wenn sie in auffallender Weise vorhanden ist, auf die Schärfe der Bilder keine

Tafel I.

Fig. 1.

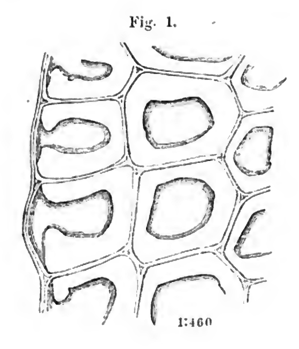


Fig. 3.

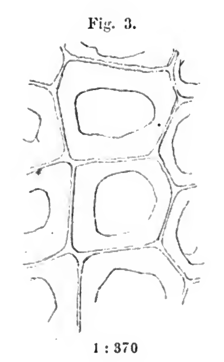


Fig. 2.

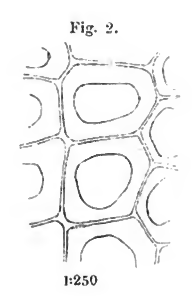


Fig. 4.

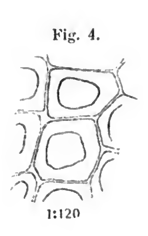


Fig. 5.



Fig. 6.

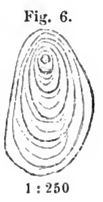


Fig. 7.



Fig. 8.



unbedingt nachtheilige Wirkung ausübt, ist doch nicht ganz ohne Einfluss auf den Gang der Beobachtung. Dieselbe rührt theils von der Färbung der verschiedenen Glassorten her, theils scheint sie nur auf der Construction des optischen Apparates zu beruhen, und wird dann, soweit meine Erfahrungen reichen, vorzugsweise von den Objectivsystemen, in minderem Grade von den Ocularen bedingt. Bei den meisten Objectivsystemen der neueren Mikroskope ist die Färbung des Gesichtsfeldes nur so äusserst gering ausgeprägt, dass sie an und für sich gar nicht wahrgenommen und erst bei dem Vergleiche mehrerer Instrumente sowie bei feineren Untersuchungen und empfindlichen Objecten bemerkbar wird. Es wechseln da die Nüancen von dem Reinweissen zum Lichtgrauen, Bläulichen, Grünlichen und Gelblichen. Ist diese Eigenschaft nur schwach entwickelt, dann kann natürlich von einem erheblichen Einflusse auf die Beobachtung kaum die Rede sein. Sehr störend aber wirken stark gefärbte Gläser dann, wenn man Reactionserscheinungen verfolgen, oder über die natürliche Farbe der Objecte urtheilen soll. Am stärksten entwickelt habe ich stets die gelbliche Färbung in verschiedenen Abstufungen gefunden, und es geht dieselbe z. B. bei manchen Objectivsystemen von Hasert, wo sie entschieden am Glase oder vielmehr in einer, in die untere Linse eingeschlossenen Flüssigkeit ihren Grund hat und dem ganzen Gesichtsfelde die Farbe von einem mit Gummigutti überzogenen weissen Papiere ertheilt, soweit, dass sie vollständig unangenehm für das Auge wird und manche feinere Reactionen ganz und gar verdunkelt. Ich muss eine so stark hervortretende Färbung für einen groben Fehler eines Objectivsystemes erklären, und es wird ein solches für den praktischen Mikroskopiker fast werthlos sein, wenn es auch in anderer Beziehung alles Mögliche leistet.

Zur Prüfung der Färbung des Gesichtsfeldes eignen sich vorzüglich zarte Schnitte durch das Holz unserer Laub- und Nadelbäume, durch die dickwandigen Bastzellen der Gefässbündel mancher Palmen (Caryata etc.), sodann die Stärkemehlkörner aus der Frucht oder den Knollen der Kartoffel. Mittelst dieser Objecte ist man, wenn der Schnitt die erforderliche, äusserste Dünne besitzt, im Stande, auch die geringsten Unterschiede in den Schattirungen und in den Graden der Färbung des Gesichtsfeldes zu entdecken und deren Einfluss auf die Gegenstände einer jeweiligen Untersuchungsreihe zu ermitteln. Ich habe in den Figuren 1 bis 4 und 5 bis 8 der Tafel I. eine Stufenfolge wirklich beobachteter Färbungen des Gesichtsfeldes bei verschiedenen Objectivsystemen dargestellt und werden dieselben dem weniger geübten Beobachter leicht genügende Anhaltspunkte gewähren.

VIERTER ABSCHNITT.

ZUR KENNTNISS DER NEUEREN MIKROSKOPE.

Nachdem wir in den vorhergehenden Abschnitten die mechanische und optische Einrichtung des zusammengesetzten Mikroskopes kennen gelernt und uns mit den Mitteln zur umfassenden Prüfung seines optischen Vermögens vertraut gemacht haben, wenden wir uns in dem folgenden einer mehr praktischen Aufgabe zu. Es sollen nämlich in diesem Abschnitte, nachdem die Grundsätze, welche man bei der Beurtheilung eines zu wissenschaftlichen Zwecken bestimmten Mikroskopes zu beachten hat, kurz recapitulirt worden sind, dem Leser eine Reihe von Instrumenten aus den neueren (vorzugsweise deutschen) Werkstätten vorgeführt werden, von deren Leistungen ich mich selbst zu überzeugen Gelegenheit hatte, oder für welche ich mich auf zuverlässige Urtheile sachkundiger Freunde stützen kann. Dass ich nicht von den neuesten Mikroskopen aller deutschen Werkstätten habe Kenntniss nehmen können, wird man begreiflich finden, da zu einer thatsächlichen Unterstützung einer Arbeit, wie die vorliegende, in der Regel nur die jüngeren Optiker, die auf der Bahn des neueren Fortschrittes sich befinden, bereit sind. Wenn ich daher über solche Mikroskope, die mir nicht hinreichend genau bekannt waren, hinweggehe, so will ich dadurch keineswegs Veranlassung geben, in Bezug auf deren Leistungsfähigkeit einen Schluss zu ziehen. Ich wollte hier eben nur dasjenige aufführen, wofür ich einstehen kann.

Wenn ferner bei der Beschreibung der neueren Mikroskope von den ausländischen Optikern nur wenige vertreten sind, so liegt der Grund darin, dass es mir für ein deutsches Werk geziemend erscheint, vorzugsweise und mit möglichster Vollständigkeit die Erzeugnisse deutscher Kunst zu berücksichtigen und zwar ohne Rücksicht darauf, ob diese letztere im Auslande oder im Vaterlande geübt wird. Diese besondere Rücksichtnahme scheint mir zudem um so mehr gerechtfertigt, als wir Deutsche

gegenwärtig durchaus keine Veranlassung haben, uns im Auslande nach Besserem umzusehen, als uns diejenigen Instrumente bieten, welche in der neueren Zeit aus den von Deutschen geleiteten optischen Werkstätten hervorgegangen sind. Amici und Nachet konnte ich nicht übergehen, weil ihre Mikroskope in unserem Vaterlande eine ziemlich weite Verbreitung besitzen. Die englischen Mikroskope, von denen ich solche von Smith, Beck und Beck, ebenso einzelne Objectivsysteme von Ross kennen gelernt habe, zu beschreiben, habe ich für überflüssig gehalten. Erstlich steht deren Verbreitung ihr ganz enormer Preis entgegen, so dass sie bei uns immer nur in einzelne Hände gelangen können, und dann haben sie ihr, eine Zeit lang behauptetes Uebergewicht an optischem Vermögen in der neuern Zeit verloren; wenigstens haben deren Objectivsysteme, soweit ihre Leistungen für wissenschaftliche Zwecke in Betracht kommen, durchaus Nichts vor vielen unserer deutschen Systeme voraus, und in der Lösung der schwierigen Probeobjecte werden sie ebenfalls erreicht, wenn nicht von manchen Combinationen (Hartnack's 9, 10 und 11) übertroffen.

I. Grundsätze für die Wahl eines Mikroskopes.

Was die Grundsätze angeht, welche man im Auge zu halten hat, wenn man sich die Frage beantworten will, wie ein zusammengesetztes Mikroskop eingerichtet sein und was es leisten soll, so liegt auf der Hand, dass ich mich hier auf diejenigen beschränken muss, welche eine mehr allgemeine Gültigkeit in Anspruch nehmen können. Die Verschiedenheit der Ziele, die man mittelst des Mikroskopes zu verfolgen beabsichtigt, muss hierbei natürlich in einer oder der andern Weise Modificationen in den an dasselbe zu stellenden Anforderungen im Gefolge haben. Wer sich nur mit rein morphologischen Untersuchungen beschäftigt, braucht lange nicht jene optische Kraft in Anspruch zu nehmen, bedarf keiner so hohen mechanischen Vollendung des Apparates, wie derjenige, welcher sich die feinere Histiologie der Pflanzen oder Thiere zum Felde seiner Forschungen erkoren hat.

Dem sei indessen, wie ihm wolle, bei der Wahl eines Mikroskopes steht in erster Linie immer der optische Apparat, Objectivsysteme, Oculare und Beleuchtungsvorrichtungen. Volle Klarheit und Farblosigkeit des ganzen Bildes, Reinheit und Schärfe der einzelnen Linien und Begrenzungen, hinreichendes Auflösungsvermögen, Ebnung, d. h. gleichmässige Vergrösserung, helle Erleuchtung und passende Ausdehnung des Gesichtsfeldes sind hier unbedingtes und Haupterforderniss, neben dem noch die Möglichkeit einer umfassenden Abwechslung in Art und Stärke der Beleuchtung vorzügliche Beachtung verdient. Wie man sich von jenen wichtigsten Seiten des optischen Vermögens, welche vorzugsweise auf der Construction der Objectivsysteme beruhen, unterrichtet, wurde in dem vorhergehenden Abschnitte in umfassender Weise dargelegt. Der Geübtere wird sich hier-

über schon bei der Betrachtung eines einzigen passenden und ihm hinreichend bekannten Objectes auf den ersten Blick sein Urtheil bilden können. Ich selbst benutze in dieser Beziehung am liebsten einen recht zarten, farblosen Querschnitt eines Nadelholzes, den ich Jedem empfehlen kann. Der weniger Geübte, oder mit dem Gebrauche des Mikroskopes noch gar nicht Vertraute wird, wenn ihm nicht ein Mikroskopiker mit Rath zur Seite steht, sich auf eine mehr umständliche Prüfung einlassen müssen, wobei ihm die oben beschriebenen Probeobjecte gute Dienste leisten können. Mehr in zweiter Linie steht die Vergrösserung, denn im Allgemeinen ist nicht dasjenige Mikroskop für das beste zu erklären, welches bei starken Vergrösserungen ein bestimmtes Detail erkennen lässt, sondern dasjenige, mit welchem man bei geringeren Vergrösserungen ein so klares und bestimmtes Bild erhält, dass man dabei ein gegebenes Object vollkommen zu durchforschen im Stande ist. Für recht viele, ja fast für die meisten Untersuchungen wird eine Reihe von 50- bis 600maligen Linearvergrösserungen ausreichend sein. Einzelne Fälle machen allerdings auch stärkere Vergrösserungen nicht allein wünschenswerth, sondern nothwendig, und ich kann durchaus nicht dem Ausspruche einzelner Forscher beitreten, dass das, was bei 300- bis 400facher Vergrösserung nicht gesehen wird, überhaupt nicht gesehen werden kann. Diese starken Vergrösserungen müssen dann aber auch, wenn sie mit Vortheil gebraucht werden sollen, ganz vortrefflich, und es dürfen namentlich nicht die übrigen guten Eigenschaften der betreffenden Objective zu Gunsten des Auflösungsvermögens hintangesetzt sein, wie das hie und da geschieht.

Bei der Beurtheilung der Vergrösserungen hat man vorzugsweise auch darauf zu sehen, ob dieselben mehr das Product der Objectivsysteme oder der Oculare sind. Ersteres ist unbedingt vorzuziehen, indem solche Vergrösserungen, welche man mittelst starker Objectivsysteme und schwächerer Oculare erzielt, für die Beobachtung schwieriger, gehörig hergerichteter Objecte bei weitem denjenigen vorzuziehen sind, welche durch starke Oculare erreicht werden müssen. Allerdings ist bei den stärkeren Objectivsystemen der Abstand von der Oberfläche des Deckglases ein geringerer, und es verlangen dieselben ein dünnes Deckglas. Ich kann aber hierin, wenn einmal höhere Vergrösserungen erfordert werden, durchaus keinen Nachtheil erkennen, und wird derselbe, wenn überhaupt als vorhanden zugegeben, durch den erreichten Vortheil weit überwogen.

Im Allgemeinen wird bei der Wahl der Objectivsysteme in dieser Beziehung darauf zu sehen sein, dass man eine für seine Zwecke ausreichende Abstufung der Vergrösserungen erreicht. Vier bis fünf derselben werden für die meisten Fälle genügen. Von ihnen mögen mit dem schwächsten, das objective Bild 4- bis 5mal vergrössernden Ocular das erste eine 20- bis 30fache, das zweite eine 80- bis 100fache, das dritte eine 200- bis 250fache, das vierte eine 300- bis 400fache Vergrösserung geben. Für die schwierigeren und schwierigsten Beobachtungen müssen hierzu noch ein fünftes mit einer 450- bis 500fachen und

ein sechstes mit einer 550- bis 600fachen Vergrösserung hinzukommen. Mittelst dieser letztern Systeme kann man dann bei Anwendung von mässig starken Ocularen noch sehr schöne und brauchbare 1200- bis 1500-malige Vergrösserungen erreichen, die für einzelne Fälle immerhin nicht ohne entschiedenen Nutzen sein werden.

Was die mit den Objectivsystemen zu verbindenden Oculare betrifft, so muss auch von ihnen möglichste Vollendung verlangt werden. Sehr angenehm ist es, wenn dieselben ein grosses und ebenes Gesichtsfeld gewähren, was leider nicht immer der Fall ist. Uebermässig starke Oculare suche man zu umgehen. Hat man die erforderliche Anzahl von Objectivsystemen, so werden etwa 2 bis 4 vollkommen ausreichend sein, von denen das schwächste, bei 160 bis 200^{mm} langem Rohre, das objective Bild etwa 4- bis 5mal, das stärkste höchstens 10- bis 12mal vergrössert.

Als Beleuchtungsapparat genügt es wohl für die meisten Untersuchungen, wenn ein allseitig beweglicher Plan- und Concavspiegel für durchgehendes, und eine $1^1/_2$ bis 3″ im Durchmesser haltende Beleuchtungslinse für auffallendes Licht vorhanden sind. Als Blendungsvorrichtung verdienen die versenkbaren Cylinderblendungen den unbedingten Vorzug vor allen anderen.

Uebt die mechanische Einrichtung auch im Grossen und Ganzen weit weniger Einfluss aus, als der optische Apparat, so hat man doch auch auf sie sein Augenmerk zu richten, da durch eine möglichst vollkommene, aber dabei einfache, leicht handhabbare Ausführung derselben der Gang einer wissenschaftlichen Untersuchung nicht wenig gefördert wird.

Die Hauptpunkte, welche dabei zu beachten sind, betreffen die Festigkeit des Standes, die Einrichtung des Objecttisches und die Vorrichtungen zur Einstellung.

Ersterer soll vor allen Dingen möglichst fest und sicher sein, um das Instrument vor etwaigen Unfällen zu bewahren, und erfordert daher namentlich einen hinreichend breiten und schweren Fuss, sowie einen nicht zu hohen Bau mit unmässig langem Rohr.

Der Tisch sei solide und stabil. Der unbewegliche, in keiner Weise federnde Objecttisch ist daher dem beweglichen unter allen Umständen vorzuziehen. Derselbe muss für alle vorzunehmenden Manipulationen sowie für eine freie Bewegung des Objectträgers ausreichenden Raum gewähren und vollkommen eben sein. So kleine Tische, wie man sie hier und da bei manchen Mikroskopen noch immer trifft, sind unbedingt zu verwerfen. Zu grosse Objecttische sind indessen auch nicht zu empfehlen, denn erstlich sind sie unbequem, und dann verlangen sie eine zu weite Entfernung vom Fusse, wenn sie den Einfall des Lichtes nicht beschränken sollen.

Die Vorrichtung zur Einstellung, über deren Eigenschaften wir oben das Nöthige gesagt haben, sei womöglich eine zweifache, eine solche für die grobe und eine andere für die feine Bewegung des Rohres.

II. Mikroskope der neueren Optiker.

Indem ich nun zur Beschreibung der mir bekannten Mikroskope übergehe, kann ich nicht umhin, hervorzuheben, dass man in der Beurtheilung ihrer Leistungen in Bezug auf die Lösung der Nobert'schen Platte, immerhin nur ein individuelles — die Vergeichung jedoch nicht beeinflussendes — Urtheil zu suchen hat.

Es mag sein, dass ein anderer Beobachter hier und da von den meinen verschiedene Resultate erhält, indem hier manches auf subjectiver Anschauung beruht. Ich darf indessen versichern, dass ich stets mit voller Unparteilichkeit an die Untersuchung herangetreten bin, und dass mich nur das Streben nach voller Erkenntniss des wahren Sachverhaltes leitete.

Ich werde bei meiner Aufzählung, da von einer eigentlich chronologischen Reihenfolge nicht die Rede sein kann, zunächst die Werkstätten deutscher Optiker in alphabetischer Ordnung aufführen und zum Schlusse die Mikroskope der oben genannten ausländischen Werkstätten folgen lassen.

Fr. Belthle (C. Kellner's Nachfolger) in Wetzlar (früher Belthle und Rexroth). Nach dem Tode des seiner Kunst und der Wissenschaft leider zu frühe entrissenen Gründers des Wetzlarer optischen Institutes, C. Kellner, dessen Mikroskope sowohl in Deutschland als auch in England, wenn auch nur vereinzelte, doch wohl verdiente Anerkennung gefunden hatten, leitete Belthle die Anstalt einige Zeit für Rechnung von Kellner's Wittwe. Die damals aus derselben hervorgegangenen Mikroskope standen nach dem Berichte von Professor Dr. Welker (Ueber Aufbewahrung mikroskopischer Objecte etc. Giessen 1856) denen Kellner's in optischer Beziehung ganz nahe und übertrafen dieselben in der mechanischen Arbeit. Später übernahm Belthle in Verbindung mit H. Rexroth das Institut auf eigene Rechnung und es lieferten Beide Instrumente, die den alten Ruf der Werkstätte bewährten, indem sie es sich angelegen sein liessen, die Gesammtleistungsfähigkeit ihrer Objectivsysteme möglichst zu erhöhen. Das Mikroskop und ein Theil der Objectivsysteme, auf welche sich meine folgenden Untersuchungen beziehen, stammen aus der Zeit dieser Geschäftsverbindung. In neuester Zeit hat Belthle das optische Institut wieder auf alleinige Rechnung übernommen, und es bekunden die von ihm gelieferten Objectivsysteme einen weiteren Fortschritt *).

Belthle liefert fünf verschiedene Mikroskope mit drei verschiedenen Stativen, dem grossen, kleinen und kleinsten.

Das grosse Stativ (Fig. 107) ruht auf dem schweren gusseisernen, vierseitigen Fusse *a*, in welchem sich auch die Vorrichtung zur Be-

*) Hr. Rexroth hat unter seinem Namen (H. Rexroth) eine selbstständige Werkstätte gegründet. Dessen Preiscourant stimmt im Wesentlichen mit dem frühern der vereinigten Firma überein (grosses Mikroskop 110 Thlr.); von seinen Leistungen ist mir indessen bis jetzt nichts bekannt geworden.

wegung des Objecttisches um die optische Achse befindet. Es dreht sich nämlich der Ring *b* um die feste centrische Scheibe *c*. Dieser Ring trägt zugleich die mit ihm fest verbundene geschweifte Säule *d*, auf welcher der Mikroskopkörper ruht. Der Objecttisch ist hinreichend gross, 90mm lang und fast ebenso breit, vollkommen fest und solid. Die senkrechte Bewegung trifft nur den Mikroskopkörper. Die Säule *g*, in der sich die Mikrometerschraube zur feinen Einstellung befindet, deren Stellscheibe unterhalb des Tisches bei *h* hervortritt, trägt nämlich die senkrecht bewegliche, dreikantige Stahlsäule *i*. In der Rückseite letzterer ist die gezahnte Stange eingelassen, in welche das mittelst der Schraube *l* bewegliche, zur groben Einstellung dienende Getriebe eingreift, mittelst dessen der, dem Rohre *m* angeschraubte Arm *k* gehoben und gesenkt wird. Als Beleuchtungsapparat dient der Concavspiegel *n*, der nach allen Richtungen, auch ausserhalb der optischen Achse beweglich ist. Die Blendungsvorrichtung besteht aus Cylinderblenden von drei verschiedenen Weiten, welche mittelst Schlittens gewechselt und durch den Arm *o* gehoben und gesenkt werden können. Für die mittleren Mikroskope wird diese Vorrichtung durch eine Diaphragmenscheibe ersetzt, welche sechs verschieden weite runde und eine länglich vierseitige Oeffnung besitzt.

Fig. 107.



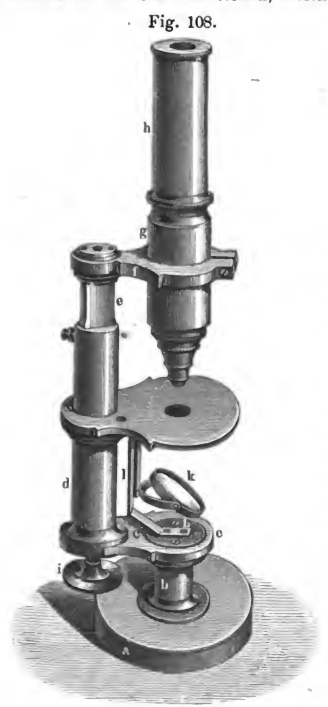
Grosses Mikroskop von Belthle.

Dieses Stativ ist sehr zweckmässig, dauerhaft und schön gebaut. Es besitzt einen festen Stand und ist in seinen Dimensionen höchst bequem zum Arbeiten, indem die Höhe des Objecttisches von dem Arbeitstische nur 115mm, die Höhe des ganzen Instrumentes nur 320 bis 325mm beträgt.

Die Drehung des Tisches ist stetig und correct. Die grobe sowohl als feine Einstellung sind sehr sorgfältig gearbeitet und lassen Nichts zu wünschen übrig. Der Beleuchtungsapparat entspricht ebenfalls gerechten Anforderungen und wäre allenfalls nur noch ein Planspiegel auf der Rückseite des Concavspiegels wünschenswerth.

Nächst dem grossen Oberhäuser'schen Hufeisenstative und dessen Nachbildungen wüsste ich dem grossen Kellner'schen kaum ein anderes an die Seite zu stellen, welches bei gleicher Einfachheit in dem ganzen Baue allen Anforderungen in gleichem Maasse entspräche und mit dem es sich so bequem und sicher arbeitete.

Fig. 108.



Kleines Mikroskop von Belthle.

Mit den Objectivsystemen 0, 1, 2, 3 und 4, den orthoskopischen Ocularen I. bis IV., einem Ocularglasmikrometer, Zeichenprisma, und Polarisationsapparate ausgerüstet, kostet dieses Mikroskop 120 Thlr., mit den Objectivsystemen 0, 1, 2 und 3 und den Ocularen I. und III. 85 Thlr., mit den Objectivsystemen 0, 1 und 3 und den Ocularen I., II. u. III. 80 Thlr. (Nr. 1, 2*a* und 2*b* der Preisliste).

Das kleine Stativ*), Nr. 3 des Verzeichnisses, Fig. 108, hat einen runden Fuss *a*, von welchem der solide Cylinder *b* aufsteigt, auf dem der Körper des Mikroskopes ruht. Dieser ist an dem horizontalen Arm *cc* befestigt, welcher ringförmig endigt und sich um den mittleren soliden Theil des Cylinders *b* dreht, auf welchem der Spiegelträger *l* ruht, so dass der Tisch um die optische Achse gedreht werden kann, während der Beleuchtungsapparat feststeht. Der etwa 65^{mm} im Durchmesser haltende Objecttisch ist rund, hinreichend gross und fest. Die Einrichtung zur feinen Einstellung ist der des grossen Statives ähnlich, indem mittelst der Stellschraube *i* die dreikantige Stahl-

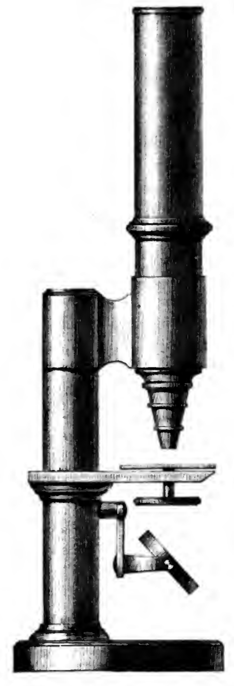
*) In der neuesten Zeit hat dieses Stativ einen ähnlichen Fuss erhalten, wie das grosse.

stange *e* in der Säule *d* gehoben und gesenkt wird. Die grobe Einstellung wird dagegen mittelst Verschiebung des Rohres *h* in der an dem Arm *f* befestigten federnden Hülse *g* bewerkstelligt.

Unter den kleineren Stativen nimmt dieses einen ersten Rang ein, indem mit Einfachheit im ganzen Bau doch grosse Zweckmässigkeit und Vollendung verbunden ist. Mit den Objectivsystemen 0, 1 und 3 und den gewöhnlichen Ocularen I., II. und III. beträgt dessen Preis 50 Thlr., eine Summe, die im Verhältniss zu den Leistungen des Instrumentes durchaus nicht hoch genannt werden darf.

Das kleinste Stativ (Nr. 4 *a*), Fig. 109, hat gleichfalls einen runden Fuss, welcher die Säule trägt, an welcher Spiegel, Objecttisch und Rohr befestigt sind. Die grobe Einstellung geschieht wie bei dem vorigen Instrumente, die feine ist an dem Objecttische angebracht, indem sich über einer fest mit der Säule verbundenen Platte eine zweite befindet, welche (nach Mohl) an der einen Seite festgeschraubt, an der entgegengesetzten sich heben und senken lässt. Obwohl durch diese Art der Einstellung die Tischfläche etwas geneigt wird, so hat dies doch für die Vergrösserungen, welche bei diesem kleinen Mikroskope in Anwendung kommen, keinen erheblichen Nachtheil, wie ich mich bei diesem und anderen ähnlich eingerichteten Instrumenten zu überzeugen Gelegenheit hatte. Mit den Objectivsystemen 1 und 3 und den beiden Ocularen I. und II. ausgerüstet kostet dieses kleinste Mikroskop 35 Thlr., in etwas modificirter mechanischer Ausführung (Nr. 46) 25 Thlr.


Fig. 109.


Kleinstes Stativ von Belthle.

Belthle liefert sechs verschiedene Objectivsysteme, welche mit den Nummern 0, 1, 2, 2 *a*, 3 und 4 bezeichnet werden, und von denen in neuester Zeit 3 und 4 je nach Wunsch für gerades oder für schiefes Licht eingerichtet werden.

Das System *o*, früher aus einer einzigen, gegenwärtig aus zwei achromatischen Linsen zusammengesetzt, hat eine Brennweite von $36{,}45^{mm}$, einen Oeffnungswinkel von 9^0, und gewährt mit den orthoskopischen Ocularen I., II. und III. Vergrösserungen von 30, 42 und 60. Das Bild ist sehr scharf und farbenfrei und zum Präpariren unter dem Compositum von hohem Werthe.

Das System Nr. 1 hat eine Brennweite von 13,5^{mm} und einen Oeffnungswinkel von 35$^{1}/_{2}$^{0}. Die Bilder, welche man mittelst dieses Objectivsystemes erhält, sind sehr scharf begrenzt und klar, jedoch ist das Gesichtsfeld nicht ganz farblos. Die Vergrösserungen betragen 90, 126 und 185. An der Nobert'schen Platte geprüft löst es mit dem Ocular I. die vierte, mit dem Ocular III. die fünfte Gruppe bei centraler Beleuchtung *). In gleicher Weise löst es die entsprechenden natürlichen Probeobjecte.

System 2 mit einer Brennweite von 6,75^{mm} und 73^{0} Oeffnung gewährt Vergrösserungen von 180, 250 und 370. Es löst mit Ocular I. bis III. die achte Gruppe der Nobert'schen Probeplatte, sowie die entsprechenden Probeobjecte. Das Bild ist ausgezeichnet schön, nur zeigen sich der Pinusschnitt und das Stärkekorn schwach gelb gefärbt, ohne dass jedoch merklich gefärbte Ränder der Begrenzungslinien hervortreten.

Das System 3, von dem ich eine grössere Anzahl aus früherer und neuerer Zeit zu prüfen Gelegenheit hatte, ist eines der schönsten Systeme von gleicher Stärke, welche ich kenne. Die Brennweite beträgt bei einem älteren 3,5^{mm}, bei einem neueren Exemplare 3,2^{mm}, der Oeffnungswinkel 85^{0} und 100^{0} und die Vergrösserungen sind = 420, 660 und 900. Das Bild ist prachtvoll, scharf und rein begrenzt, vollkommen farbenfrei und so lichtstark, dass das System auch bei trübem Lichte noch recht gut die stärksten Oculare verträgt, bei denen die Zeichnung ganz vortrefflich erscheint. An der Nobert'schen Platte geprüft, löst das letztere System noch die elfte und weniger deutlich die zwölfte Gruppe. Auf Pleurosigma angulatum sieht man mittelst dieses letzteren sowohl, wie einiger durch meine Hände gegangener neuesten Systeme bei günstiger Beleuchtung die Streifung sehr zart gezeichnet, während sie bei schiefem Lichte entschieden schön und scharf über die ganze Schale hervortritt.

System 4, welches bei einer Brennweite von 2,16^{mm} und einer Oeffnung von 90^{0} 740-, 1060- und 1540mal vergrössert, ist gleichfalls ein sehr schönes Glas. Dasselbe ist hinreichend lichtstark und gewährt vorzügliche, scharf und bestimmt gezeichnete, ganz farbenfreie Bilder. An auflösendem Vermögen übertrifft es das vorhergehende bei geradem Lichte nur wenig, indem es die zwölfte Gruppe der Nobert'schen Platte nur wenig deutlicher löst. Die Streifung auf der Schale von Pleurosigma angulatum, Grammatophora marina und Nitzschia sigmoidea sieht man bei schiefem Lichte ganz gut.

Diese beiden starken Systeme, deren jüngst geprüfte Exemplare das Stärkekorn und den Pinusschnitt etwas gelblich gefärbt erscheinen las-

*) Bei den Angaben über die Auflösung der Nobert'schen Platte und dem Probeobjecte ist in diesem ganzen Abschnitt centrale Beleuchtnng zu verstehen; wo schiefe Beleuchtung angewendet wurde, ist dies ausdrücklich bemerkt.

sen, sind, wie ich mich durch langen Gebrauch überzeugt habe, für die feineren histiologischen Untersuchungen ausgezeichnet. Ich fand dieselben in dieser Beziehung von keinem der gleichstarken neueren Systeme übertroffen, wenn dieselben auch an auflösendem Vermögen höher standen.

Die Oculare, welche Belthle liefert (er führt drei gewöhnliche (I. bis III.), vier orthoskopische und ebenso viele aplanatische (I. bis IV.), die sich an Vergrösserungskraft gleich stehen), sind ebenfalls sehr schön und zeichnen sich namentlich die orthoskopischen durch ihr grosses und ebenes Gesichtsfeld, sowie durch ihre Lichtstärke aus. Das erste dieser letztern vergrössert das virtuelle Bild etwa siebenmal und verhalten sich die in meinem Besitze befindlichen I. bis III. wie 1 : 1,4 : 2,05.

Jedes der gewöhnlichen Oculare wird mit 3, jedes der orthoskopischen mit 6, der aplanatischen mit 7 Thlr. berechnet. Die Objectivsysteme kosten: Nr. 0 6 Thlr., Nr. 1 9 Thlr., Nr. 2 10 Thlr., Nr. 2 *a* 11 Thlr., Nr. 3 12 Thlr. und Nr. 4 15 Thlr. *).

Von den Nebenapparaten, welche man von Hrn. Belthle in sehr solider Weise ausgeführt erhalten kann, wird der Harting'sche Beleuchtungsapparat mit 20 Thlr., der Polarisationsapparat (Analysator über dem Ocular) mit 10 Thlr., das Gerling'she Zeichenprisma mit 5 Thlr., ein Compressorium mit 6 Thlr, ein Ocularglasmikrometer ($2^1/_2{}^{mm}$ = 50 Theile) ohne Fassung mit 3 Thlr., mit Fassung mit 4 Thlr. berechnet.

L. Bénèche in Berlin (früher Bénèche und Wasserlein). Bénèche war neben Kellner und Nobert einer der ersten Optiker Deutschlands, welche, dem Beispiele Amici's und Oberhäuser's folgend, die Vergrösserung mehr in die Objectivsysteme als in die Oculare verlegten. Seit 1852 fertigte derselbe dieselben Nummern von Objectivsystemen wie Oberhäuser, den er sich überhaupt bei seinen Instrumenten zum Muster genommen, und es wurde mehrseitig günstig über deren Leistungsfähigkeit geurtheilt. Ein im Sommer 1855 von ihm erhaltenes grosses Mikroskop stand mit den damaligen von Oberhäuser etwa auf gleicher Stufe. Seitdem aber hat derselbe sich es fortwährend angelegen sein lassen, die Leistungen seiner Objectivsysteme zu erhöhen, wobei er namentlich (und hierfür gebührt das Verdienst vorzugsweise meinem seligen Freunde Schacht, der Bénèche stets mit seinem Rathe zur Seite stand) auf die Bedürfnisse des praktischen Mikroskopikers Rücksicht genommen hat.

Bénèche liefert fünf verschiedene Mikroskope. Die beiden ersten (*A* und *B*), welche sich nur durch ihre Dimensionen unterscheiden, gleichen ganz und gar dem grossen Oberhäuser'schen Hufeisenstative und verweise ich daher auf dessen Beschreibung Seite 156. Das Stativ *A* wird in der Regel mit den Systemen 4, 7, 8, 9 (dieses nur für schiefe Be-

*) In neuester Zeit kommen hierzu noch 3 Eintauchsysteme von $^1/_8$, $^1/_{12}$ und $^1/_{16}$" Brennweite zu 20, 25 und 30 Thaler.

leuchtung) und 11, sowie mit den Ocularen I. bis V., wovon eins mit Ocularmikrometer, ausgerüstet und kostet 170 Thlr., zum Umlegen eingerichtet 185 Thlr.

Stativ *B* mit sonst gleicher Ausrüstung, aber ohne System 11 kostet 100 Thlr., zum Umlegen eingerichtet 110 Thlr.

Das Stativ *C* gleicht den beiden vorhergehenden. Es ist nur kleiner, hat keinen drehbaren Tisch und keinen Schlitten zum Wechseln der Blendungen. Mit den Systemen 4, 7 und 8 und den Ocularen 1, 2, 3 und 5 (2 mit Ocularmikrometer) wird dasselbe zu 60 Thlr. berechnet. Die Objectivsysteme 9 und 11 lassen sich an diesem Stative gleichfalls verwenden und ändert sich durch deren Beigabe der Preis in entsprechender Weise.

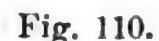


Fig. 110.



Mikroskop Nr. D von Bénèche.

Ich habe mehrfach Gelegenheit gehabt, mich von der Brauchbarkeit dieses Statives zu überzeugen und kann es allen denen empfehlen, welche sich nicht eines der grösseren anschaffen und auf die Drehung des Tisches verzichten wollen.

Das kleine Mikroskop *D* hat einen runden Fuss *a*, von dem sich die Säule *b* erhebt, welche den seitlich verstellbaren Spiegel (*k*), den Objecttisch *i* und an dem Arme *e* den Körper (*f* und *g*) trägt. Die grobe Einstellung geschieht wie bei den grossen Stativen durch Verschiebung des Rohres *g* in der federnden Hülse *f*. Die feine Einstellung ist an dem Objecttische angebracht, welcher mittelst zweier Stahlstifte *c* beweglich an der Säule *b* aufgehängt ist. Sie wird mittelst der Schraube *d* bewerkstelligt, welche (Fig. 110) durch die Säule geht, nach vorn gegen eine mit dem Objecttische fest verbundene Stahlplatte drückt und so jenen beim Vorwärtsdrehen hebt, während er beim Rückwärtsdrehen durch den Druck einer starken Feder nach abwärts gezogen wird. Als Blendungsvorrichtung

dient eine Diaphragmenscheibe (in der neueren Zeit nach Zeiss glockenförmig) mit zwei Oeffnungen, welche mittelst des Armes *k* bewegt wird. Mit den Systemen 4 und 7, den Ocularen 1, 2 und 4 und einem Ocularmikrometer zum Einlegen ausgestattet, kommt das Mikroskop *D* auf 30, und wenn noch System 8 beigefügt wird, auf 40 Thlr. zu stehen.

Dieses Mikroskop, im Verhältniss zu seinem optischen Apparate sehr billig, ist äusserst compendiös und namentlich auf Reisen recht bequem. Mit der Art und Weise, wie die feine Einstellung angebracht ist, kann ich mich indessen nicht ganz einverstanden erklären; ebenso ist der Tisch zu schmal. Wenn Hr. Bénèche, nachdem er bereits die Blendungsvorrichtung verbessert hat, um auch System 11 mit Vortheil benutzen zu können, sich dazu entschliessen würde, nach Art der kleinen Mikroskope von Zeiss die feine Einstellung an der Säule anzubringen und den Objecttisch etwas zu verbreitern, so könnte er den Werth dieses kleinen Mikroskopes nur steigern, und wenn er auch den Preis um einige Thaler erhöhen müsste, so würde das nichts zu sagen haben.

Das kleinste auf Taschenformat zusammenzuschiebende Mikroskop *E*, bei dem ein Theil des Kastens als Fuss dient, besitzt nur ein System 6 und Ocular 3, womit es drei Vergrösserungen gewährt. Es kostet 18 Thaler und mag für manche Zwecke ganz wohl ausreichen. Ich selbst habe keine Gelegenheit gehabt, es näher kennen zu lernen*).

Der optische Theil der Mikroskope von Bénèche war an allen Instrumenten, die ich näher prüfen konnte, im Ganzen gut construirt. Namentlich verdienen seine neueren Systeme 7, 8 und 11, welche ich besitze und welche für gerades Licht berechnet sind, Anerkennung. Dieselben zeichnen sich durch Farblosigkeit des Gesichtsfeldes und des Bildes aus, kommen dagegen an Schärfe des letzteren nicht ganz den Systemen von Belthle, Hartnack und Zeiss gleich. Das Bild ist im Ganzen immer etwas matter, die Linien weniger scharf und nicht so fein gezogen, wie bei jenen. Einen so scharfen Tadel, wie man ihn von manchen Seiten gegen Bénèche ausgesprochen hat, kann ich nach den Leistungen meiner eigenen Systeme (älterer und neuerer Zeit) nicht für ganz gerechtfertigt halten. Wenn es bei Bénèche hier und da an Gleichmässigkeit in den Leistungen der gleichen Nummern von Objectivsystemen fehlt, so glaube ich das seinen fortwährenden Aenderungen in Form und Abstand der einzelnen Linsen zuschreiben zu müssen, wodurch er die Leistungsfähigkeit seiner Gläser zu erhöhen suchte. Hat er jedoch einzelne unvollkommene Systeme abgegeben, so ist das ein Fehlgriff, den er sich nicht zu Schulden hätte kommen lassen sollen und der eine Rüge wohl verdient hat.

---

*) In neuester Zeit liefert Bénèche auch kleine Mikroskope zu 15 bis 18 Thlr., welche im Baue dem Stative D ähnlich sind. Ich habe Gelegenheit gehabt, einige derselben zu sehen und kann nur anerkennend darüber urtheilen. Für ernstere Untersuchungen taugen aber natürlich alle derartige, mit unzureichendem optischen Apparate versehene, wohlfeile Instrumente nicht.

Die Objectivsysteme, welche Bénèche in der Regel liefert, sind Nr. 4 zu 10 Thlr., Nr. 7 zu 15 Thlr., Nr. 8 zu 15 Thlr., Nr. 9 zu 20 Thlr. und Nr. 11 zu 25 Thlr.

Das System 4, Brennweite = 15^{mm}, Oeffnung = 20^0, gibt mit den fünf Ocularen Vergrösserungen von 50-, 70-, 90-, 100- und 150mal und gewährt ein recht scharfes und farbloses Bild. Von der Nobert'schen Platte löst es die zweite Gruppe vollständig, die dritte weniger klar.

System 7 hat eine Brennweite von 4,6^{mm}, eine Oeffnung von 67^0 und vergrössert 145-, 200-, 260-, 340- und 435mal. Das Bild von organischen Gegenständen, das man mittelst desselben erhält, ist vollkommen farbenfrei und hinreichend bestimmt gezeichnet, steht aber an Schärfe der Linien etwas gegen die Bilder der gleich starken Systeme von Belthle, Zeiss und Hartnack zurück, denen es auch an auflösendem Vermögen nicht ganz gleichkommt. Von der Nobert'schen Platte löst es die siebente Gruppe noch gut und bei günstigem Lichte treten mit den stärkeren Ocularen auch die Querstreifen auf den Schüppchen der Hipparchia Janira, sowie die Zeichnung auf der Schale von Pleurosigma formosum hervor, eben so die Querstreifen der trocken eingelegten Pleurosigma attenuatum.

System 8 hat gleiche Oeffnung wie das vorige und eine Brennweite von 3,4^{mm}. Die Vergrösserungen habe ich zu 200, 275, 350, 396 und 600 bestimmt. An der Nobert'schen Platte geprüft, löst es die achte und annähernd auch die neunte Gruppe, ebenso erkennt man die Querstreifen auf der Schale von Pleurosigma attenuatum in Balsam aufbewahrt. Das System zeichnet sich namentlich durch seinen verhältnissmässig grossen Abstand, sowie durch die Farblosigkeit und bedeutende Lichtstärke der Bilder aus, die im Uebrigen denen des Systemes 7 nahe kommen.

Das System 9, welches Bénèche in neuerer Zeit ausschliesslich für schiefe Beleuchtung eingerichtet hat (die frühern Systeme 9 waren auch für gerades Licht brauchbar), besitzt eine Brennweite von 2,76^{mm}, einen Oeffnungswinkel von 97^0 und vergrössert 240-, 320-, 430-, 530- und 720mal. Das Bild (bei schief einfallendem Lichte) ist zwar nicht ganz farbenfrei, aber scharf und bestimmt gezeichnet. Bei derselben Beleuchtung löst es von der Nobert'schen Platte die 22. Gruppe noch recht gut. Die Probeobjecte aus der Reihe der Diatomaceenschalen löst es bis zu Nitzschia sigmoidea ganz befriedigend, wenn auch nicht in der Vollkommenheit, wie die Systeme 9 und 10 von Hartnack, die indessen auch weit stärker vergrössern.

Dieses Objectivsystem, für gerades Licht absolut unbrauchbar, kann ich allen denen empfehlen, die sich mit der Systematik der Diatomaceen befassen und nicht eines der theureren Systeme anschaffen wollen.

System 11 eignet sich recht gut für die feineren histiologischen Untersuchungen und zeichnet sich namentlich durch seinen bedeutenden Abstand von der Oberfläche des Deckglases aus. Die Bilder sind farblos und die bestimmt gezeichneten Grenzlinien zeigen einen nur wenig gelb

gefärbten Rand. Die Lichtstärke lässt nichts zu wünschen übrig. Die Brennweite beträgt 2,3^{mm} und die Oeffnung 78^{0}. Von der Nobert'schen Platte wird noch die zehnte Gruppe gelöst und die Querstreifen der Synedra fulgens treten deutlich hervor. Schiefes Licht verträgt das System nicht gut und ist dabei von den Streifen auf Pleurosigma angulatum kaum etwas zu sehen.

Bénèche liefert auch die erforderlichen Nebenapparate in solider Ausführung und kosten bei ihm:

Ein Polarisationsapparat, Analysator über dem System	20 Thlr.
" " " " " Ocular	25 "
" Objectglasmikrometer (1^{mm} in 400 und 100 Theile)	5 "
" Ocularglasmikrometer (1^{mm} = 10)	1 "
" Zeichenprisma	5 "
" " nach Nachet	7 "
" Compressorium	5 "
" Goniometer	20 "
" Ocular mit verstellbarem Mikrometer	10 "
Eine Beleuchtungslinse auf Fuss 3″ oder 2″ Durchmesser	15 u. 10 "

Engelbert und Hensoldt in Wetzlar. Diese beiden Optiker, soweit mir bekannt, in dem optischen Institute zu Wetzlar unter Kellner's Leitung ausgebildet, haben sich die von diesem ausgehenden Mikroskope zum Muster genommen und liefern, soviel ich mich durch die Prüfung eines kleinen Mikroskopes mit sämmtlichen Objectivsystemen und Ocularen zu überzeugen Gelegenheit hatte, recht gute Instrumente, welche indessen in optischer Beziehung denen von Belthle nicht ganz gleichkommen.

Das grosse Mikroskop (Nr. 1, 2 und 3 des Preisverzeichnisses) hat dasselbe Stativ, wie das grosse Mikroskop von Belthle. Mit den Objectivsystemen 0, 1, 2 und 3, den Ocularen I., II. und III. (orthoskopisch) und einem Ocularschraubenmikrometer ausgerüstet, kostet dasselbe 97 Thlr., ohne System 0 und das Mikrometer 80 Thlr.; mit den Systemen 0, 1 und 3, den Ocularen I., II. und III. und Ocularglasmikrometer (1^{mm} = 20) 75 Thlr. Die Drehung des Tisches fehlt allen drei Instrumenten.

Das kleinere Mikroskop Nr. 4, das ich in Fig. 111 (a. f. S.) abgebildet habe, zeichnet sich durch sein compendiöses Stativ mit hinreichend grossem und festem Objecttisch aus. Die grobe Einstellung geschieht durch Verschiebung des Rohres, die feinere ist an der Säule in ähnlicher Weise angebracht, wie bei dem Mikroskope 3 von Belthle. Als Blendungsapparat dient eine mit vier Oeffnungen versehene Diaphragmenscheibe. Mit den Objectivsystemen 0, 1, 2 und 3, den Ocularen I. und II. und einem Ocularglasmikrometer versehen, beträgt dessen Preis 65 Thlr., ohne System 2 53 Thlr.

Ausser diesen vier, liefern Engelbert und Hensoldt noch drei kleine Mikroskope etwas anderer Construction, die je nach ihrer Ausrüstung 50, 48 und 38 Thlr. kosten.

Die vier Objectivsysteme, von denen mit den drei Ocularen 0 (à $2^1/_2$ Thlr.) 33-, 65- und 80mal, 1 (à 10 Thlr.) 86-, 175- und 250mal, 2 (à 12 Thlr.) 160-, 330- und 450-mal, 3 (à 14 Thlr.) 350-, 700- und 900mal vergrössert, sind denen von Kellner nachgebildet und kommen in ihrer Leistungsfähigkeit denen von Belthle ziemlich nahe, ohne jedoch deren volle Schärfe der Zeichnung und auflösendes Vermögen ganz zu erreichen. Auch ist das ganze Bild selbst bei den stärksten Systemen Nr. 3 noch etwas gelb gefärbt.

Fig. 111.



Kleines Mikroskop von Engelbert und Hensoldt.

Die Oculare, ebenfalls den Kellner'schen ähnlich, haben wie diese ein grosses Gesichtsfeld und werden I. und II. zu je 5 Thlr., III., welches orthoskopisch ist, zu 6 Thlr. abgegeben.

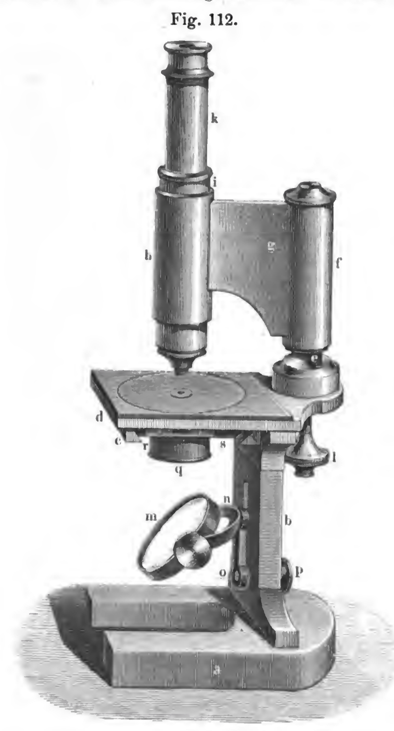
E. Hartnack zu Paris (Place Dauphine 21). Hartnack hat seit einigen Jahren das optische Institut seines Oheims Georg Oberhäuser, bei dem er seit dem Ende der vierziger Jahre thätig und mit welchem er mehrere Jahre als Compagnon vereinigt war, auf eigne Rechnung übernommen und führt dasselbe nicht nur mit dem alten, wohlverdienten Rufe fort, sondern hat ihm durch seine rastlosen und mit dem schönsten Erfolge gekrönten Bemühungen in Bezug auf die Vervollkommnung der schwächeren sowohl, als namentlich auch der stärkeren Objectivsysteme ganz neue Bahnen eröffnet.

Hartnack führt acht verschiedene Mikroskopgrössen, welche den höchst gesteigerten sowohl, als den geringsten Anforderungen genügen. Ich werde mich hier indessen auf die Beschreibung der drei gangbarsten Sorten beschränken.

Das grosse, unter dem Namen Hufeisenstativ, Fig. 112, bekannte und mit Recht von vielen Optikern nachgeahmte Stativ ist eines der

schönsten, solidesten und zweckmässigsten, die ich kenne. Es ist in vollem Sinne des Wortes ein Musterstativ. Leicht transportabel ist dasselbe allerdings nicht, wie es ebensowenig die grossen Instrumente anderer Form sind. Zum Reisebegleiter wird es daher nicht, oder doch nur in einzelnen Fällen dienen können. Dagegen ist es, seines sehr festen Standes, seiner mässigen Höhe von etwa 360mm, überhaupt seines ganzen Baues halber ein Instrument für den Arbeitstisch des Mikroskopikers, welcher sich mit den schwierigeren Untersuchungen zu beschäftigen hat, wie er sich kaum ein vortrefflicheres wünschen kann. Mit grosser Solidität und Einfachheit der Construction vereinigt dasselbe eine solche Vollständigkeit des wirklich Nothwendigen, dass man bei keiner Arbeit von demselben im Stiche gelassen, aber auch eben so wenig durch überflüssiges Schrauben und andere Anhängsel beengt wird.

Fig. 112.



Grosses Hufeisenstativ von Hartnack.

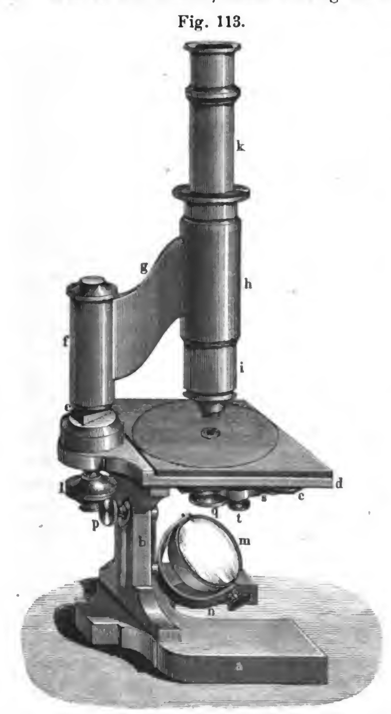
Der solid gearbeitete und schwere hufeisenförmige Messingfuss *a* (Fig. 112) trägt die vierseitige, mit ihm durch Schrauben fest verbundene, in der Mitte eingeschnittene Säule *b*, auf welcher der ganze Körper ruht. Mit dieser Säule ist die horizontale Platte *c* verbunden, welche den quadratischen 100mm breiten, etwa 130mm über dem Arbeitstisch stehenden, an den neuern Stativen mit einer dicken schwarzen Glastafel belegten Objecttisch *d* trägt. Dieser lässt sich mittelst einer runden Scheibe, welche in einem entsprechenden Einschnitte jener Platte läuft,

sammt dem Rohre um seine Achse drehen. Von dem hintern geschweiften Ende des Objecttisches aus erhebt sich die Säule *e* und der über ihr eingeschliffene, gleitende Hohlcylinder *f*, an welchem der breite Arm *g* mit der federnden Hülse *h* befestigt ist, innerhalb der sich das aus zwei Stücken *i* und *k* bestehende, verkürzbare Rohr zum Behufe der groben Einstellung etwas schwer, aber sanft auf- und abschieben lässt. Die feine Einstellung befindet sich an der Säule *e*. Diese ist nämlich hohl und enthält in ihrem Innern eine starke Spiralfeder, welche gegen das geschlossene Ende der äusseren Hohlsäule *f* drückt und dieselbe zu heben strebt. Am unteren Ende der inneren Säule ist zugleich die Spindel einer mit letzterer fest verbundenen Mikrometerschraube befestigt, welche bis unter den Objecttisch reicht, wo der mit einer Mutter versehene Schraubenknopf *c* angebracht ist. Durch Anziehen dieser Mutter der Mikrometerschraube wird die Spindel, mit ihr die Hohlsäule *f* und somit das Rohr, welches den optischen Apparat trägt, über die innere Säule *e* nach abwärts gezogen und dem Objecttische genähert, während beim Rückwärtsdrehen die Spiralfeder vermöge ihrer Spannkraft die genannten Theile des Körpers hebt und den optischen Apparat von dem Objecttische entfernt. Damit nicht eine seitliche Drehung der äusseren Säule um die innere stattfinden kann, ist bei den neueren Stativen diese letztere scharf dreikantig, und war bei den älteren Stativen mit Rundsäulen ein Theil der äusseren Säule ausgeschnitten und zu etwa $^2/_3$ seiner Länge mit der letzteren durch Schrauben fest verbunden, so dass ein Schieber gebildet wurde, der zwar eine Bewegung nach auf- und abwärts, nicht aber eine seitliche Drehung zuliess. Der Spiegel *m* hängt mittelst des drehbaren Bügels *n* an der Kurbel *o*, deren horizontaler Arm sich mittelst der Stellschraube *p* in dem Ausschnitte der Säule *b* verschieben und feststellen lässt. Auf diese Weise kann der Spiegel nicht nur allseitig bewegt, sondern auch höher und tiefer gestellt werden, um je nach Bedürfniss einen Lichtkegel von grösserem oder kleinerem Durchmesser auf das Object fallen zu lassen. Als Blendungsapparat dienen drei verschiedene Cylinderblendungen von je 4, 1,5 und 0,75^{mm} Weite. Diese werden in die Röhre *q* eingesetzt, welche in der unten an dem Schlitten *s* befestigten, federnden Hülse *r* auf- und abgeschoben werden kann. Der Schlitten wird mittelst des geränderten Knopfes *t* (Fig. 113) in den schwalbenschwanzförmigen Einschnitt des Objecttisches geschoben, so dass man während der Beobachtung die Blendungen wechseln kann, ohne das Object berühren zu müssen.

Mit den Objectivsystemen 4, 7, 8 und 9 (ohne Correctionsvorrichtung etc.), den sämmtlichen Ocularen I. bis V., einem Ocularmikrometer und einer grossen Beleuchtungslinse auf eigenem Fuss ausgestattet, kostet dieses Mikroskop 650 Franken oder circa 175 Thlr. Nimmt man aber die Systeme 2, 4, 5, 7 und das neue System 9 mit Verbesserungseinrichtung und zum Eintauchen, so steigt der Preis auf 750 Frcs. oder 200 Thlr.

Das mittlere Hufeisenstativ (Fig. 113), welches Hartnack erst seit dem Sommer vorigen Jahres anfertigt, stimmt in seinem Bau und seinen einzelnen Theilen (*a* — *t*) mit dem grossen fast vollständig überein. Was es vor diesem, dessen Vorzüge es bewahrt, noch auszeichnet, ist seine Compendiosität, indem alle Verhältnisse auf ein etwas kleineres Maass zurückgeführt sind. Seine Gesammthöhe beträgt ungefähr 330mm. Die Fläche des quadratischen, 80mm Seite haltenden, mit einer matten, geschwärzten Glastafel belegten Objecttisches liegt 117mm über dem Arbeitstische und ist zwischen ihm und dem Fusse noch hinreichender Raum gelassen, um die freie Bewegung des Beleuchtungsapparates, der Polarisationsvorrichtung u. s. w. zu gestatten. In dem vorigjährigen Preisverzeichnisse von Hartnack ist dieses Mikroskop noch nicht aufgeführt. Sein Preis wird sich aber, wenn es mit den Systemen 2, 4, 7 und 9 neuerer Construction, mit sämmtlichen Ocularen, mit Beleuchtungslinse auf besonderem Fusse u. s. w. ausgerüstet ist, nach meiner Berechnung auf circa 500 bis 550 Franken, also auf 130 bis 145 Thaler stellen. Nimmt man statt des gewöhnlichen Systemes 9 das mit Verbesserungseinrichtung versehene und zum Eintauchen bestimmte, desgleichen mehrere Systeme u. dgl., so erhöht sich der Preis entsprechend, im ersten Falle um 75 Frcs.

Fig. 113.



Hartnack's mittleres Hufeisenstativ.

Das neue kleine Stativ, Fig. 114 (a. f. S.), in dem Preisverzeichnisse unter Nr. 8 aufgeführt, ist in seiner Art ebenso vortrefflich, wie

die grösseren. Es ist ziemlich compendiös, leicht transportabel, ein herrlicher Reisebegleiter und bietet mit Ausnahme der Drehung um die optische Achse alle Vortheile der letzteren.

Der Fuss *a* ist gleichfalls hufeisenförmig, nur kleiner, als bei den grossen Stativen. Von seinem hinteren Theile erhebt sich die Rundsäule *b*, welche oberhalb des Objecttisches in das dreiseitige Prisma *c* übergeht, über dem sich die in ihrem unteren Theile dreiseitig ausgeschnittene, in ihrem oberen Theile zur Aufnahme einer starken Spiralfeder hohlcylindrische Säule *d* in senkrechter Richtung verschieben lässt. Diese Einrichtung dient der feinen Einstellung, welche mittelst des geränderten Mutterknopfes *e* bewerkstelligt wird. Die grobe Einstellung geschieht durch Verschiebung des Rohres *h* in der an dem Querarm *f* befestigten, federnden Hülse *g*. Der mit der untern Säule *b* fest verschraubte Objecttisch *i* ist viereckig 77^{mm} lang, 60^{mm} breit und steht 90^{mm} über der Fläche des Arbeitstisches. Der Spiegel ist, mittelst der Kurbel *m* an derselben Säule aufgehängt, in der Achse sowohl als ausserhalb der Achse beweglich. Der Blendungsapparat gleicht vollständig demjenigen der grossen Stative. Das ganze Instrument hat bei ausgezogenem Rohre eine Höhe von 300^{mm}.

Fig. 114.



Kleines Hufeisenstativ. Mikroskop Nr. 8 von Hartnack.

Mit den Systemen 4, 7 und 8, drei Ocularen (nach Wahl), einer Beleuchtungslinse und einem Ocularglasmikrometer versehen, kostet dasselbe 250 Franken, circa 66 Thlr., wenn statt 8 das neue System 9 zum Eintauchen genommen wird, 375 Frc. = 100 Thlr. In letzterem Falle hat man dann aber auch ein Instrument, welches für alle Untersuchungen

der Pflanzen- und Thierhistiologie vollkommen ausreicht. Will man eine noch vollständigere Ausrüstung (ich selbst besitze das Stativ mit den Systemen 2, 4, 5, 7, 8, 9 und 10 [zum Eintauchen] und den Ocularen 1, 3 und 4), so steigt der Preis um die Preise der weiter beigegebenen Objectivsysteme.

Das kleine Stativ Nr. 3 hat den bekannten trommelförmigen Fuss, wie das früher häufig benutzte *microscope condé*, dagegen einen grösseren, feststehenden Objecttisch und die feine Einstellung an der von dem Objecttisch sich erhebenden Säule, welche an einem Querarm die Hülse zum Einschieben des Rohres trägt. Der Spiegel ist nur in der optischen Achse beweglich und als Blendungsvorrichtung dient eine drehbare Diaphragmenscheibe. Mit den Systemen 4 und 7, zwei Ocularen und einer Beleuchtungslinse ausgerüstet, stellt sich dessen Preis auf $37^1/_3$ Thlr. (140 Frcs.), wenn das System Nr. 8 hinzukommt auf 50 Thlr. (190 Fr.). Für dieses letztere Modell wäre der Wegfall des trommelförmigen Fusses, dessen Ersatz durch eine Säule und die damit verbundene allseitige Beweglichkeit des Spiegels eine wünschenswerthe und vortheilhafte Verbesserung. Es würde dann etwa den kleinen Stativen von Nachet und Zeiss an die Seite gestellt werden können.

Die fünf Oculare Hartnack's zeichnen sich durch ein fast ganz ebenes und gegen das frühere etwas vergrössertes Gesichtsfeld aus. Das schwächste vergrössert das objective Bild etwa $3^1/_2$ mal, und ist das Verhältniss ihrer Vergrösserungskraft wie 1 : 1,15 : 1,5 : 2,7 : 3,3. Jedes derselben wird mit 10 Franken oder 2 Thlr. 20 Sgr. berechnet.

Objectivsysteme liefert Hartnack 11 verschiedene Nummern und zwar diejenigen älterer Construction Nr. 1 à 12 Fr., Nr. 2, 3 und 4 à 20 Fr., Nr. 5 à 30 Fr., Nr. 6 und 7 à 35 Fr., Nr. 8 à 40 Fr., Nr. 9 à 60 Fr.; diejenigen neuerer Construction: Nr. 1 à 15 Fr., Nr. 2 à 20 Fr., Nr. 3 à 25 Fr., Nr. 4 à 30 Fr., Nr. 5 à 35 Fr., Nr. 6 à 35 Fr., Nr. 7 à 40 Fr., Nr. 8 à 50 Fr., Nr. 9 à 75 Fr. Die drei zum Eintauchen bestimmten und mit Verbesserungseinrichtung versehenen Systeme Nr. 9, 10 und 11 werden das erstere zu 150 Fr., das zweite zu 200 Fr. und das letztere zu 250 Fr. berechnet.

In der Vervollkommnung seiner Objective, namentlich auch in der Vergrösserung des Oeffnungswinkels hat Hartnack in den letzten Jahren sehr bedeutende Fortschritte gemacht, und seine neueren Systeme zeigen daher auch ein weit höheres Auflösungsvermögen, als die älteren von gleicher Nummer. Ausserdem aber besitzen dieselben sämmtlich eine sehr vollkommene Verbesserung der sphärischen Abweichung und liefern ganz vorzüglich scharfe Bilder. Auch die Lichtstärke ist sehr bedeutend, so dass noch die stärksten Oculare vertragen werden. Einzelne der schwächeren Systeme 4, 5, 7 und 8 liefern dagegen etwas gelb gefärbte Bilder organischer Objecte und es zeigen, z. B. 4 und 5, schwache blaue Farbensäume, was bei 7 und 8 nicht der Fall ist. Bei den beiden letzteren ist in neuerer Zeit auch die gelbe Färbung des Ge-

sammtbildes in hohem Grade beseitigt, und die beiden Eintauchungssysteme gehören in Bezug auf die Verbesserung der chromatischen Abweichung wie auf Farblosigkeit des ganzen Bildes zu dem Schönsten, was ich kenne.

Nach mündlicher Mittheilung Hartnack's werden die Systeme 2, 4, 5, 7, 8, 9 und 10 am häufigsten verlangt, weshalb ich mich auf deren nähere Prüfung beschränkt habe.

System 2 mit einer Brennweite von 31,2^{mm} gewährt mit den Ocularen 1, 3 und 4 Vergrösserungen von 25, 38 und 65, zeichnet sich durch grossen Abstand, Lichtstärke und scharfe, farbenfreie Bilder aus und besitzt einen hohen Werth zur Beobachtung undurchsichtiger Objecte sowohl, als solcher durchsichtiger Gegenstände, von denen man sich einen allgemeinen Ueberblick verschaffen will.

Das System 4 hat eine Brennweite von 10,4^{mm}, einen Oeffnungswinkel von 39^0 und vergrössert mit den drei oben genannten Ocularen 75-, 112- und 198mal. Mit Ocular III. erhielt ich an der Nobert'schen Platte die sechste Gruppe noch deutlich gelöst. Das Bild organischer Objecte ist sehr scharf und bestimmt gezeichnet, und es treten z. B. bei den stärkeren Ocularen die Ringe auf dem Stärkekorn, sowie die Streifen der willkürlichen Muskelfasern sehr bestimmt hervor.

System 5, mit einer Brennweite von 6,25^{mm}, einer Oeffnung von 80^0, gibt Vergrösserungen von 125, 190 und 340, hat aber schon einen ziemlich geringen Abstand von der Deckglasoberfläche (etwa 1^{mm}). Es löst mit Ocular III. die neunte Gruppe der Nobert'schen Platte, und die Querstreifen auf den Flügelschuppen der Hipparchia Janira, sowie die Zeichnung auf der Schale von Pleurosigma attenuatum treten deutlich hervor. Bei schiefer Beleuchtung ist selbst die Streifung auf der Schale von Pleurosigma angulatum zu sehen, eine Leistung, die meines Wissens von keinem gleichwerthigen Systeme erreicht wird. Das Bild organischer Objecte ist scharf und klar, dagegen im Ganzen etwas stark gelb gefärbt und an den Begrenzungslinien nicht ganz ohne Farbensäume (blau).

Das System 7 hat eine Brennweite von 3,12^{mm}, eine Oeffnung von 105^0 und liefert 250-, 380- und 680malige Vergrösserungen. Sein Abstand ist klein und verlangt es schon ein dünnes Deckglas von etwa 0,2^{mm}. Von der Nobert'schen Platte löst es bei geradem Lichte die 11. Gruppe noch sehr vollkommen, weniger gut die 12., ebenso die entsprechenden natürlichen Probeobjecte. Bei recht günstiger Beleuchtung sieht man auf dem Rande der Schale von Pleurosigma angulatum die Streifung zwar nur leise gezeichnet, aber doch bestimmt erkennbar. Die Zeichnung zarter organischer Objecte ist ausgezeichnet rein und bestimmt, ohne alle Farbensäume. Die bei früheren Exemplaren noch hervortretende gelbliche Färbung des Stärkekornes, der Pinuszellen etc. ist in den neuesten, die ich vor kurzer Zeit zur Ansicht erhielt, in hohem Maasse beseitigt, und die Lichtstärke noch etwas erhöht, so dass das System Vorzügliches

zu leisten vermag. Mittelst schiefen Lichtes wird Pleurosigma angulatum, Grammatophora marina und auch Nitzschia sigmoidea gelöst.

Nr. 8, mit einer Brennweite von $2{,}47^{mm}$ und einer Oeffnung von 110^0 vergrössert 310-, 470- und 860mal, hat einen sehr kleinen Abstand und verlangt ein dünnes Deckglas von 0,15 bis $0{,}2^{mm}$. An der Nobert'schen Platte sah ich die 12. Gruppe noch deutlich, die 13. weniger deutlich gelöst. Die Streifung des Pleurosigma angulatum tritt auch schon bei weniger günstiger Beleuchtung und etwas deutlicher als bei 7 hervor, ist aber immer noch schwer zu sehen. Bei schiefem Einfall des Lichtes erhielt ich noch die schwierigeren Probeobjecte bis zu Nitzschia sigmoidea, deren Streifung man recht scharf sieht, gelöst. Die Bilder organischer Objecte sind schön, scharf und klar und die schwierigsten Structurverhältnisse treten sehr bestimmt hervor. Das ganze Bild erscheint fast vollständig farblos und an den Grenzlinien kommen keinerlei Farbensäume zum Vorschein.

Die beiden seit 1859 von Hartnack construirten Systeme 9 und 10, ebenso das erst seit zwei Jahren gebaute stärkste System Nr. 11, welche mit Verbesserungseinrichtung versehen und zum Eintauchen bestimmt sind, und von denen das erstere bei einer Brennweite von $1{,}8^{mm}$ und einer Oeffnung von 150^0 480-, 720- und 1280mal, das andere mit einer Brennweite von $1{,}55^{mm}$ und 170^0 Oeffnung 570-, 860- und 1520mal, das letztere mit einer Brennweite von circa $1{,}35^{mm}$ 680-, 1090- und 1920mal vergrössert, übertreffen alle mir bekannten Systeme an Leistungsfähigkeit. Es wird in denselben eine Vereinigung aller Eigenschaften eines guten Objectivsystemes, wozu ich ausser den im zweiten Abschnitte genannten, auch den Abstand der unteren Linse von der Deckglasoberfläche und damit die Zulässigkeit nicht zu dünner Deckgläschen (wie sie z. B. die starken englischen und Hasert'schen Objectivsysteme erfordern) rechne, in so hohem Grade erreicht, wie dies selten der Fall ist. Beide Abweichungen sind so vortrefflich verbessert und die Systeme sind so lichtstark, dass man damit noch sehr starke Oculare verbinden kann, ohne dass das Bild wesentlich leidet. Die Umrisse sowohl als die inneren Structurverhältnisse organischer Objecte erscheinen in nicht zu übertreffender Klarheit ausgeprägt, und dabei ist das Bild vollständig farbenfrei, ohne den eigenthümlichen, nicht natürlichen Glanz, wie ich es bei manchen anderen sehr starken Objectivsystemen gefunden habe. Namentlich muss ich das System 9 hervorheben, welches ich zum Behufe der feinsten histiologischen Untersuchungen den Nrn. 10 und 11 fast noch vorziehen möchte, da, was für solche Arbeiten nicht ohne Bedeutung erscheint, sein Abstand viel bedeutender ist. An Auflösungsvermögen stehen sich die drei Systeme einander ziemlich nahe. Nr. 9 löst bei günstigerem Licht mittelst gerader Beleuchtung die 16., Nr. 10 die 18. und bei schiefer Beleuchtung auch die 30. Gruppe der Nobert'schen Platte *).

*) Nr. 11 konnte ich nicht mittelst der Nobert'schen Platte prüfen, da mir

Die Sechsecke auf der Schale von Pleurosigma angulatum (selbst in Balsam liegend) sind bei allen drei Systemen mittelst centraler Beleuchtung und bei mässig hellem Tageslichte so deutlich zu erkennen, wie ich sie weder mit einem 1/8 von Smith, Beck und Beck, noch mittelst der Wasserlinse (Serie V) von Amici gesehen habe. Von den schwierigern Diatomaceen werden bei geradem Lichte auch noch Grammatophora marina und Navicula veneta gelöst, während bei schiefer Beleuchtung und gutem Lichte auch keines der bis jetzt bekannten Probeobjecte ungelöst bleibt.

Die verschiedenen Nebenapparate, welche Hartnack liefert, haben folgende Preise:

Ein Dujardin'scher Beleuchtungsapparat	50	Frcs.
„ Objectglasmikrometer (1^{mm} in 400 und 100 Theilen). .	20	„
„ Spitzenocular	25	„
„ Mikrometerocular	25	„
„ Ocularmikrometer neuester Construction	50	„
Die Camera lucida nach Oberhäuser	50	„
„ „ „ „ Doyère und Milne Edwards .	35	„
Compressorium, je nach der Construction, . . . 30, 35 und	40	„
Polarisationsapparat mit Condensor . . . . 50 bis	70	„
Goniometer	60	„

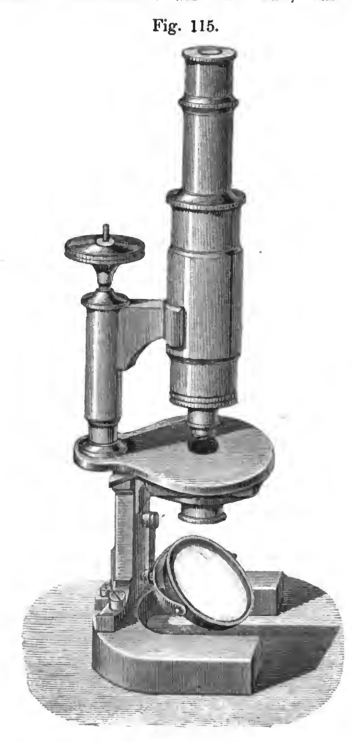
B. Hasert zu Eisenach. Hasert beschäftigte sich, wie aus seinem Vortrag in der 30. Versammlung deutscher Naturforscher und Aerzte in Karlsruhe hervorgeht (amtlicher Bericht Seite 212), schon seit 1847 mit der Construction von Objectivsystemen mit grossem Oeffnungswinkel (120°), welche ein bedeutendes Auflösungsvermögen besassen. Seine Objective und Mikroskope sind indessen früher wenig bekannt geworden, weil er bei der Construction seines optischen Apparates wenig Rücksicht auf die Bedürfnisse der praktischen Mikroskopiker genommen hat, sondern mehr auf ein hohes Auflösungsvermögen hinsteuerte, wie dies seine vor wenigen Jahren gebauten starken Objectivsysteme beweisen, welche zu wissenschaftlicher Beobachtung schwer zu gebrauchen sind. Daraus sind denn auch die Beurtheilungen hervorgegangen, welche diesen Objectivsystemen von vielen Seiten (H. v. Mohl, Schacht) zu Theil geworden sind und welche wohl begründet waren. Neuerdings hat sich derselbe bemüht, diesen Anforderungen mehr gerecht zu werden, und wird, wie ich aus mündlicher Mittheilung weiss, namentlich auch die abscheulich gelbe Färbung, welche durch das zu der vordersten Linse verwendete Glas oder durch eine zwischen derselben eingeschlossene Flüssigkeit verursacht ist, zu vermeiden suchen. Möchte er es sich nun nur auch noch angelegen sein lassen, seine Oculare zu vervollkommnen und

---

dieselbe in Giessen, wo uns Hartnack das System zur Prüfung vorlegte, nicht zur Hand war.

seine Stative in mechanischer Beziehung besser auszustatten, als dies bei einem Instrumente der Fall war, das er mir freundlichst zur Prüfung überliess. Hasert liefert nach seinen neuesten Mittheilungen drei verschiedene Mikroskope, ein grosses, ein kleines und ein kleinstes ganz einfach construirtes. Von diesen kenne ich nur das grosse, Fig. 115. Dasselbe ahmt im Allgemeinen das Oberhäuser'sche Hufeisenstativ nach. Der 100^{mm} über der Fläche des Arbeitstisches befindliche drehbare Objecttisch ist rund und hat 75^{mm} im Durchmesser, eine Grösse, die wohl ausreichend sein dürfte. Zur Beleuchtung dient ein allseitig beweglicher Concavspiegel und eine concav-convexe, von Hasert „achromatischer Condensor" genannte, Beleuchtungslinse, welche an einen Hohlcylinder geschraubt ist, der sich in einer an der Unterseite des Objecttisches angebrachten federnden Hülse in der optischen Achse verschieben lässt und einen zur Seite drehbaren halbrunden Deckel besitzt, um mehr oder weniger Licht abzublenden. Als Blendung dient ein Hohlcylinder mit einer runden Oeffnung, der, wenn die Beleuchtungslinse nicht gebraucht wird, in die federnde Hülse eingesetzt, sich höher und tiefer stellen lässt. Derselbe hat an der Seite eine halbrunde Oeffnung und kann unten durch einen Stopfen geschlossen werden, so dass bei schiefer Spiegelstellung alles von unten kommende, gerade einfallende Licht ausgeschlossen und nur seitliches zugelassen wird. Diese Einrichtung bietet für schwierige Objecte in der That einige Vortheile und dürfte sich vielleicht für alle Stative mit beweglichen Cylinderblenden zur Nachahmung empfehlen.

Fig. 115.



Mikroskop von B. Hasert.

Das ganze Stativ hat bei ausgezogenem Rohre eine Höhe von 280 bis 290^{mm} und einen hinreichend festen Stand, was es zum Arbeiten sehr bequem macht. Die ganze mechanische Ausführung ist etwas unansehnlich, worauf am Ende weniger ankommt; dagegen finde ich einiges daran zu tadeln. Erstlich ist die feine Einstellung nicht hinreichend solide ausgeführt, so dass immer eine kleine Verrückung des Bildes stattfindet, wenn man von derselben Gebrauch macht. Dann ist die Blendungsvorrichtung, wie sie, sowohl für den alleinigen Gebrauch des Spiegels, als für dessen Verbindung mit der Beleuchtungslinse angewendet wird, nicht völlig ausreichend und könnte durch eine zweckmässigere ersetzt werden.

Mit den drei stärksten Objectivsystemen und drei Ocularen ausgerüstet kostet dieses Mikroskop 130 Thlr.

Das kleine Mikroskop mit zwei Objectivsystemen, welche drei Objective geben, und mit zwei Ocularen (Vergrösserung bis 600fach) wird zu 50 und das kleinste mit einem Objectivsystem und einem Ocular zu zwei verschiedenen Vergrösserungen bis zu 300fach, zu 25 Thaler abgegeben.

Von den drei Ocularen entspricht das schwächste etwa dem dritten, das mittlere etwa dem fünften Ocular von Oberhäuser und das dritte ist noch stärker. Alle haben insofern ein sehr beschränktes Gesichtsfeld, als nur die Mitte ein hinreichend vollkommenes Bild liefert.

Von Objectivsystemen liefert Professor Hasert sechs verschiedene Nummern, von denen mir die drei stärksten aus längerem eigenen Gebrauche bekannt sind, während ich die schwächeren nur vorübergehend prüfen konnte. Die drei letzteren, Nr. 6, 5 und 4, von denen das erste mit dem schwächsten Ocular Hasert's 100mal vergrössert, lösen bei schiefer Beleuchtung ersteres die Querstreifen der Hipparchia Janira, 5 und 4 die Querstreifen der Lycaena argus und gewähren bei geradem Lichte recht schöne, scharfe und farbenfreie Bilder, während das Gesichtsfeld hell und weiss erleuchtet ist.

System Nr. 3 hat eine Brennweite von $3{,}3^{mm}$, einen Oeffnungswinkel von 100^0 und liefert mit dem schwächsten und mittleren Oculare Vergrösserungen von 400- und 700fach. An der Nobert'schen Platte geprüft, löst dasselbe die 12. und weniger deutlich auch die 13. Gruppe, und bei schiefer Beleuchtung zeigt es die Sechsecke auf der Schale von Pleurosigma angulatum ziemlich schön.

System 2 mit einer Brennweite von $2{,}5^{mm}$ und einem Oeffnungswinkel von 145^0 liefert mit den obigen Ocularen Vergrösserungen von 500 und 950. Es löst bei geradem Lichte die 15. Gruppe der Nobert'schen Platte, ebenso Pleurosigma angulatum, doch lange nicht so scharf wie das Hartnack'sche System 9. Bei schiefer Beleuchtung und sehr günstigem, nicht aber bei mässig gutem Lichte sieht man auch die Querstreifen auf der Schale von Grammatophora subtilissima angedeutet.

System 1 besitzt eine Brennweite von $1{,}8^{mm}$, eine Oeffnung von 155^0, und die beiden Vergrösserungen betragen 710 und 1245. An der Nobert'schen Platte wird die 18. und bei schiefer Beleuchtung die 26.

Gruppe gelöst. Ebenso werden bei centraler Beleuchtung Pleurosigma angulatum, Grammatophora marina und Navicula veneta, bei schiefer aber sämmtliche natürlichen Probeobjecte gelöst, ohne jedoch die volle Schärfe zu zeigen, wie dies bei den Hartnack'schen Systemen 9, 10 und 11 der Fall ist.

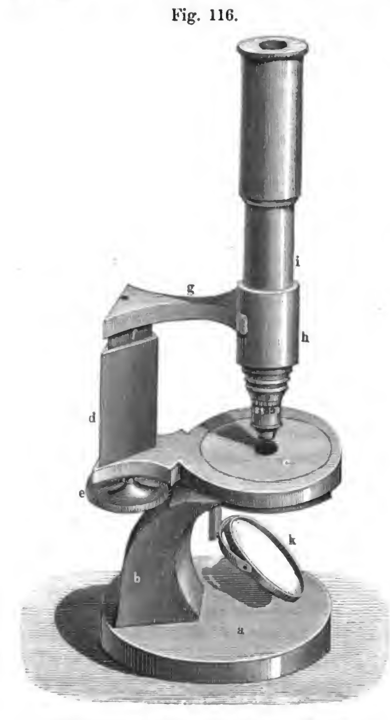
Hieraus geht hervor, dass die Hasert'schen Objectivsysteme, von einer in mechanischer Beziehung höchst einfachen und sonderbaren, fast nachlässigen Einrichtung, in Bezug auf das Auflösungsvermögen einen sehr hohen Rang einnehmen und annähernd den Wasserlinsen von Hartnack und Amici, die sie jedoch an Schönheit und Klarheit des Bildes bei centraler Beleuchtung durchaus nicht erreichen, gleichzustellen sind. Für solche Mikroskopiker, welche sich vorzugsweise mit dem Studium der Diatomaceen befassen, sind dieselben ganz ausgezeichnet und sie werden sich namentlich der Bewunderung Jener zu erfreuen haben, welche die Lösung der Grammatophora subtilissima und ähnlicher Objecte für das Meisterstück eines Systemes halten. Für den praktischen Mikroskopiker haben sie indessen manche Eigenschaften, welche ihre Verwendung beeinträchtigen. So ist namentlich bei allen drei starken Systemen der Abstand von dem Objecte äusserst gering, und es verlangen dieselben weit dünnere Deckgläschen als die gleichstarken Systeme von Hartnack, Zeiss und Belthle. Dann ist das Bild, welches man bei gewöhnlicher Spiegelbeleuchtung mittelst derselben erhält, in wissenschaftlicher Beziehung weniger brauchbar. Bringt man indessen zwischen Spiegel und Object die achromatische Beleuchtungslinse an und regelt deren Stellung genau, so erlangen die Bilder organischer Objecte ein ganz anderes Aussehen und erscheinen scharf gezeichnet und ohne Farbensäume. Endlich sind diese Systeme sehr lichtschwach und verlangen Licht von der Sonnenseite, was für ihren Gebrauch ein nicht geringes Hinderniss ist. Entschieden tadelhaft finde ich die widerlich gelbe Färbung des Gesichtsfeldes, welche die Benutzung derselben vollständig verleidet.

In das Lob, welches in neuerer Zeit (Bot. Ztg. 1863, Nr. 10) von Hrn. Prof. W. Hofmeister den Hasert'schen Instrumenten und vorzugsweise den Objectivsystemen zu Theil geworden ist, kann ich für meinen Theil nicht unbedingt mit einstimmen. Das Warum ergibt sich leicht aus den eben gerügten Mängeln. Ausserdem fühle ich mich verpflichtet, darauf hinzuweisen, dass man sich nicht zu leicht von den schwungvollen Ankündigungen des Hrn. Prof. Hasert leiten lassen möge. So heisst es z. B. in der Bot. Ztg. von 1864, Seite 124: „Die Verschraubung für verschiedene Deckglasdicken ist nicht mehr nöthig. Proben mit ein-, zwei- und dreifacher Dicke der Deckgläschen geben ganz gleich gute Resultate." Als ich indessen ein solches für die Dicke des Deckglases nicht empfindliches Objectivsystem auf der Versammlung zu Giessen mittelst eines Pinusschnittes zu prüfen versuchte, fand sich, dass das Deckglas (unter $0{,}1^{mm}$ dick), das für die stärksten Hartnack'schen Objectivsysteme Nr. 10 und 11 keineswegs ein Hinderniss abgab, nicht

mehr benutzt werden konnte. Was mit einem solchen Systeme für den praktischen Mikroskopiker anzufangen wäre, wüsste ich kaum zu sagen.

G. u. S. Merz in München (früher Merz und Söhne). Aus dieser Werkstätte, deren Objective Schacht schon 1854 (Beiträge zur Anatomie und Physiologie) rühmend erwähnte, habe ich ausser einigen neueren Systemen nur eines der mittleren Instrumente aus dem Jahre 1859 näher zu prüfen Gelegenheit gehabt, welches im Ganzen sehr solide und zweckmässig gebaut ist. Der runde Fuss *a* (Fig. 116), welcher dem Instrumente einen festen Stand verleiht, trägt die starke vierkantige, geschweifte Säule *b*, auf welcher der grosse, runde, 96^{mm} im Durchmesser haltende, um seine Achse drehbare Objecttisch *c* ruht. In der auf dem hintern geschweiften Ende des Objecttisches aufgeschraubten, dreikantigen Hohlsäule *d* gleitet das gleichgestaltete dreikantige Stahlprisma, welches zum Behufe der feinen Einstellung durch eine Mikrometerschraube, deren geränderter Kopf *e* unter dem Objecttisch hervortritt, gehoben und gesenkt wird. Das Prisma trägt den Querarm *g* mit der Hülse *h*, in welcher das Rohr *i* auf- und abgeschoben werden kann. Der Spiegel *k* lässt nicht nur eine Bewegung in der optischen Achse zu, sondern kann auch seitlich ausserhalb der Achse gebracht werden. Dieses aber ist, da die Kurbel in einem Einschnitte der Säule *b* hängt, nur in beschränktem Maasse möglich, so dass man nur bis zu einem gewissen Winkel ein-

Fig. 116.



Mikroskop von Merz und Söhne in München.

fallende schiefe Strahlen auf das Object zu leiten im Stande ist. Als Blendungsvorrichtung dient eine mit sechs Oeffnungen versehene Diaphragmenscheibe.

Es gehören zu diesem Mikroskope vier Objectivsysteme, nämlich drei gewöhnliche, mit den Nummern 1, 2 und 3 bezeichnet, und ein System mit Verbesserungseinrichtung, ferner drei Oculare, sowie ein Mikrometerocular. Der Preis beträgt dabei 150 Fl. oder circa 85 Thlr.

Die drei gewöhnlichen Objectivsysteme entsprechen in ihrer Vergrösserungskraft (Brennweite) etwa den Systemen 1, 2 und 3 von Belthle. Ich habe dieselben sowohl an organischen Objecten, als auch an den bekannten natürlichen Probeobjecten geprüft und dabei Folgendes gefunden: Die Bilder sind recht nett, rein gezeichnet und farbenfrei, erreichen aber an Schärfe der Begrenzung, und Nr. 3 auch an Lichtstärke nicht die gleichstarken Systeme von Belthle, Hartnack und Zeiss. Ich möchte dieselben etwa mit den von Oberhäuser Anfangs der fünfziger Jahre ausgeführten auf gleiche Stufe stellen. Das System 3 offenbart indessen ein nicht unbedeutendes Auflösungsvermögen. Es sind bei geradem Lichte die Querstreifen der Hipparchia Janira noch ganz gut, wenn auch gerade nicht sehr scharf gezeichnet zu sehen, und bei schiefer Beleuchtung treten auch die sich kreuzenden, scheinbaren Liniensysteme auf der Schale von Pleurosigma angulatum hervor. Die stärkeren Oculare werden von diesen Systemen nicht gleich gut vertragen, wie von den besseren neueren; die Umrisse der Objecte erscheinen dabei immer etwas verwischt und unklar.

Das Correctionssystem, welches mit fünf Punkten bezeichnet ist und nach der schriftlichen Angabe von Merz einen Oeffnungswinkel von 174^0 besitzen soll, erreicht an Stärke etwa das System 11 von Bénèche ($2,3^{mm}$ Brennweite), hat aber einen weit geringeren Abstand von der Deckglasfläche. Die Verbesserungseinrichtung ist derjenigen von Smith, Beck und Beck nachgebildet, welche überhaupt mehr Nachahmung verdient, da man an der Scala sichere Anhaltspunkte für die einmal in Bezug auf eine bestimmte Deckglasdicke gefundene Correctionsstellung hat. Bei sorgfältiger Benutzung dieser Einrichtung gewährt das System ganz schöne Untersuchungsresultate. Die Bilder organischer Objecte sind klar und bestimmt gezeichnet und ganz farbenfrei, so dass sie denen der Objectivsysteme von Belthle, Hartnack und Zeiss sehr nahe kommen. Auch werden die stärkeren Oculare noch recht gut vertragen. Das auflösende Vermögen ist gleichfalls stark entwickelt. Ich habe für gerades Licht zwar nur Pleurosigma attenuatum in Balsam zur Hand gehabt, da mir die Zwischenstufen bis zu Pleurosigma angulatum fehlten, fand aber die Querstreifen darauf sehr gut ausgesprochen. Bei schiefer Beleuchtung konnte ich nächst den Sechsecken auf Pleurosigma angulatum auch noch die Querstreifen auf Nitzschia sigmoidea deutlich erkennen, dagegen wurde — da das Licht etwas trübe war — Grammatophora subtilissima nicht mehr gelöst.

Einige neuere mittlere und starke Objectivsysteme von 1/6 bis 1/12″ Brennweite, welche ich mittelst meines Pinusschnittes prüfte, gewährten recht schöne, scharfe und klare Bilder, und die von Max Schultze untersuchten Immersionssysteme von 1/24″, 1/15″ und 1/12″ lösten an der neuesten Nobert'schen Platte mit 19 Gruppen bei centraler Beleuchtung die neunte, achte und siebente Gruppe.

Ausser dem beschriebenen Mikroskope liefern die Gebrüder Merz noch grössere sowohl als kleinere.

Das Mikroskop Nr. I mit dem beschriebenen Stative, mit acht Objectivsystemen, von 1″, 1/3″, 1/9″, 1/12″, 1/18″ und 1/24″ Brennweite, fünf Ocularen (20- bis 1800malige Vergrösserung), einem Schraubenmikrometer (noch 0,0001″ P. Maass angebend), Zeichenprisma, Compressorium und Polarisationsapparat ausgerüstet, kostet 480 Fl. Ein minder vollständiges Instrument mit demselben Stative und nur sechs Objectivsystemen und fünf Ocularen etc. 300 Fl. Die kleineren und kleinsten Mikroskope wechseln in ihren Preisen von 72 bis 35 Fl.

Die acht Objectivsysteme werden einzeln, je nach ihrer Stärke und Construction, zu je 14 bis 112 Fl. berechnet. Es beträgt nämlich der Preis: der Systeme von 1″, 1/2″, 1/3″ Brennweite mit 20° bis 60° Oeffnung 14 Fl. (8 Thlr.); von 1/6″ Brennweite und 100° Oeffnung 21 Fl. (12 Thlr.); von 1/9″ und 1/12″ Brennweite und 120° Oeffnung ohne Correctionsapparat 28 Fl. (16 Thlr.), mit Correctionsapparat 42 Fl. (24 Thlr); von 1/15″ und 1/18″ Brennweite mit 150° Oeffnung ohne Correction 42 und 56 Fl. (24 und 32 Thlr.), mit Correction 56 und 70 Fl. (32 und 40 Thlr.). Die beiden stärksten Systeme von 1/21″ und 1/24″ Brennweite und 160° bis 170° Oeffnung sind zum Eintauchen bestimmt und werden das erstere zu 70 Fl. (40 Thlr.), das andere zu 98 Fl. (56 Thlr.), mit Correctionsfassung 14 Fl. (8 Thlr.) höher berechnet.

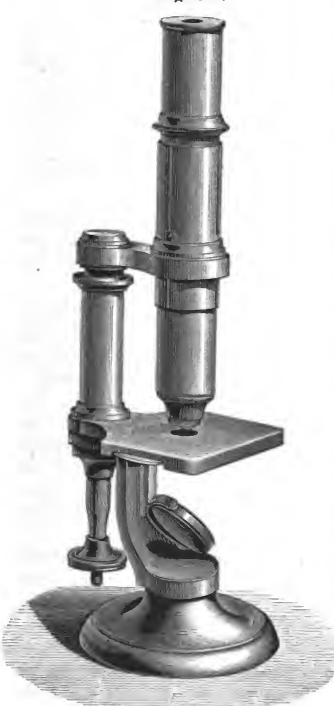
Möller und Emmerich in Giessen. Aus dem optischen Institute der genannten Optiker gehen vier verschiedene Mikroskopgrössen hervor, von denen Nr. 4, 3 und 2 mit dem grösseren, Nr. 1 mit dem kleinern Stative versehen sind. Beide Stative, von denen ich das kleinere abgebildet habe, unterscheiden sich, soweit es die Nummern 3 bis 1 angeht, indessen nur dadurch, dass die grobe Einstellung bei dem ersteren mittelst Zahn und Trieb, bei dem andern durch Verschiebung des Tubus bewirkt wird. Dieselben haben einen hinreichend grossen, festen Objecttisch, sind mit einem aus der Achse drehbaren Spiegel für schiefe Beleuchtung versehen und besitzen als Blendungsvorrichtung eine drehbare Diaphragmenscheibe. Die feine Einstellung wird durch eine unterhalb der das Rohr tragenden Säule angebrachte Mikrometerschraube bewerkstelligt, welche den optischen Apparat hebt und senkt und allen Anforderungen vollständig entspricht.

Das grösste Mikroskop, in dem Preisverzeichnisse mit Nr. 4 bezeichnet, besitzt die Drehung um die optische Achse, welche, in ähnlicher Weise wie bei dem Mikroskope 3 von Belthle, im Fusse angebracht ist. Es ist mit den Objectivsystemen 1 bis 4 und den orthoskopischen Ocularen

I. bis IV., mit einem Polarisationsapparat und einem Ocularglasmikrometer ausgerüstet und wird zu dem Preise von 114 Thlrn. berechnet.

Die beiden mittleren Mikroskope, Fig. 117, mit einem dem vorigen sonst gleichgebauten, nur der Drehung um die optischeAchse entbehrenden Stative, erhalten Nr. 2 die Oculare I. und III. und die Systeme 1 und 3, oder Nr. 3 die Oculare I., II. und III. und die Systeme 1, 2 und 3 beigegeben und sind zu 30 und 45 Thalerr angesetzt.

Fig. 117.



Mikroskop von **Moller** und **Emmerich.**

Das kleine Mikroskop, Nr. 1 des Preisverzeichnisses, wird mit den Systemen 1 und 3 und dem Ocular 2 ausgerüstet zu 22 Thalern berechnet.

Von den Objectivsystemen habe ich im vorigen Herbste und in diesem Frühlinge einige Exemplare von Nr. 1 bis 4 zu prüfen Gelegenheit gehabt und kann ich im Ganzen auf Grund dieser Prüfung nur ein anerkennendes Urheil über dieselben fällen.

Das System 1, welches mit den gewöhnlichen Ocularen 1, 2 und 3 eine 40-, 70- und 160-malige Vergrösserung gewährt und eine Brennweite von circa 19^{mm} besitzt, gibt ein farbloses von scharfen Linien begrenztes Bild.

Das System 2 von $9,3^{mm}$ Brennweite mit 80-, 120- und 220facher Vergrösserung, gewährt ebenfalls ganz schöne, farbenfreie Bilder, steht indessen an Schärfe den entsprechenden Systemen von Belthle, Hartnack und Zeiss etwas nach, indem die Grenzlinien weniger scharf gezogen und dabei breiter erscheinen.

System 3 mit 160-, 350- und 600maliger Vergrösserung und einer Brennweite von $4,7^{mm}$ kommt an Schärfe und Klarheit des Bildes den Systemen gleicher Stärke von den oben genannten Optikern sehr nahe, steht aber an auflösendem Vermögen etwas zurück; ausserdem ertheilt es dem Gesichtsfelde und demgemäss den organischen Probeobjecten eine ziemlich starke gelbe Färbung.

Ein neueres System 4, welches bei einer Brennweite von 2,5mm mit den orthoskopischen Ocularen 1, 2 und 3 von Belthle eine 570-, 830- und 1280malige, mit den Ocularen von Möller und Emmerich eine 300-, 700- und 1400fache Vergrösserung gewährt, an Stärke also den Systemen 11 von Bénèche und 8 von Hartnack nahekommt, liefert in Bezug auf die Probeobjecte für centrale Beleuchtung befriedigende Resultate. Das Gesichtsfeld ist hell und weiss erleuchtet, das Bild ohne Farbe, klar, und die Begrenzung erreicht nahezu die Schärfe des Systemes 8 von Hartnack, so dass es in dieser Beziehung zwischen meinem Systeme 11 von Bénèche und dem letzteren etwa in der Mitte steht. Für die Probeobjecte bei schiefer Beleuchtung fallen die Resultate weniger günstig aus (worauf ich indessen geringeren Werth lege), indem die Lösung der Pleurosigma angulatum weit weniger scharf ist, wie mittelst System 8 von Hartnack und Nr. 3 von Belthle.

Die Immersionslinsen 5 und 6 hatte ich leider nicht Gelegenheit kennen zu lernen.

Die einzelnen Systeme werden 1 mit 6 Thlr., 2 mit 10 Thlr., 3 mit 12 Thlr., 4 mit 14 Thlr., 5 mit 18 Thlr., 6 mit 20 Thlr. berechnet. Die gewöhnlichen Oculare kosten je 4 Thlr., die orthoskopischen 5 Thlr. und das aplanatische 7 Thlr.

Möller und Emmerich liefern ausser den gewöhnlichen auch Demonstrations- und Demonstrations-Sonnenmikroskope für Schulen mit je einem Systeme und einem Oculare zu 28 und 22 Thaler. Ausserdem erhält man von ihnen sämmtliche Nebenapparate in billiger Berechnung.

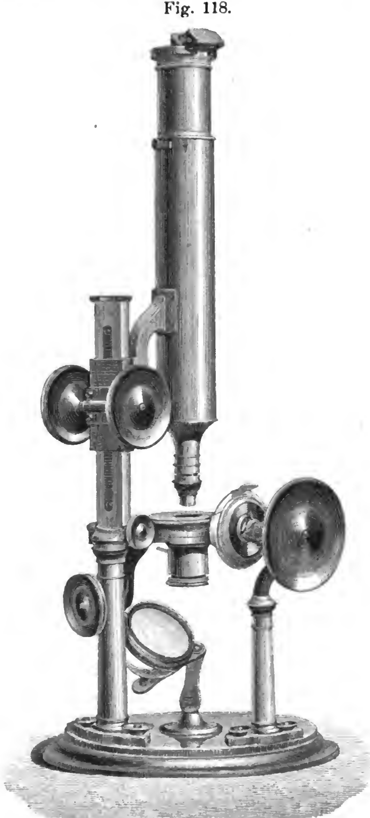
F. A. Nobert zu Barth (in Pommern). Aus der Werkstätte Nobert's kenne ich nur ein älteres Mikroskop, dessen Objectivsysteme mit allen zu damaliger Zeit auf dem Continente verfertigten den Vergleich aushalten konnten. Was ich von seinen neuesten Instrumenten und deren Leistungen weiss, verdanke ich theils den freundlichen Mittheilungen Nobert's selbst, theils denen sachkundiger und zuverlässiger Freunde und Fachgenossen.

Nach diesen erreichen die neuesten Nobert'schen Objectivsysteme, die er mehr den Anforderungen der praktischen Mikroskopiker angepasst hat, einen hohen Grad der Vollendung und sollen mit den bessern neuern in mancher Beziehung vollkommen den Vergleich aushalten, sowohl was die Schönheit und Bestimmtheit des Bildes, als was das Auflösungsvermögen betrifft.

Seinem neuen grossen Stative, dessen Abbildung (Fig. 118) nach einer, von dem im Besitze des Herrn Professor Karsten in Berlin befindlichen Instrumente entnommenen, Photographie ausgeführt ist, hat Nobert eine ausgezeichnete mechanische Einrichtung gegeben, welche dem vervollkommneten optischen Apparate hinreichend entspricht. Der schwere Fuss ist tellerförmig; auf demselben bewegt sich ein zweiter ebener Teller unter dem Einflusse von Federn und Reibungsrollen, wodurch die Drehung um die optische Achse eine solche Leichtigkeit und Sicher-

heit erhält, wie sie durch mechanische Mittel erreichbar ist. Von dem oberen Teller erhebt sich die Säule, welche den Objecttisch und den übrigen Körper des Mikroskopes trägt. Der für schiefe Beleuchtung seitlich verstellbare Spiegel steht im Mittelpunkt des Tellers, so dass er an der Drehung keinen Antheil nehmen kann. Derselbe ist an zwei Armen derart befestigt, dass er in allen Stellungen eine gleiche Entfernung von dem Objecte behält. Als Mittel zu den verschiedenen Beleuchungsarten dient ein aus einem sehr lichtstarken System bestehender Condensor, welcher unter dem Objecttische in der Achsenrichtung beweglich ist, um die von dem ebenen Spiegel reflectirten Strahlen in dem gewünschten Effecte zur Beleuchtung verwenden zu können. Die grobe Einstellung wird mittelst Zahn und Trieb bewirkt, die feine ist am Objecttisch angebracht, indem der winkelhebelartige Träger desselben in der bei dem kleinen Bénèche'schen Mikroskope beschriebenen Weise mittelst einer durch die Säule gehenden Schraube gehoben und gesenkt wird.

Fig. 118.



Grosses Mikroskop von Nobert mit Zeichenprisma und Schraubenmikrometer.
(Prof. H. Karsten in Berlin gehörig.)

Zu diesem Stative liefert Nobert eine ausreichende Zahl von Objectivsystemen, von denen die drei stärkeren von $^1/_4$, $^1/_8$ und $^1/_{14}''$ (6,5, 3,37, und $1{,}9^{mm}$) Brennweite mit Verbesserungseinrichtung versehen sind.

Das stärkste System löst, nach Nobert's eigenen Angaben aus dem Jahre 1861, bei günstiger schiefer Beleuchtung die 20., das 1/8zöllige die 15., das 1/4zöllige die 9. Gruppe seiner Probeplatte. Das in neuester Zeit dem grossen Stative stets beigegebene und von Max Schultze geprüfte Eintauchsystem, über dessen Brennweite nicht näher berichtet wird, löste bei geradem Lichte die achte Gruppe der neuesten Probeplatte, welche der 13. bis 14. Gruppe der älteren Platte entspricht, und darf man bei Nobert's bekannter Tüchtigkeit auch in Bezug auf seine übrigen Eigenschaften gewiss nur Vorzügliches erwarten.

Die normirten Dicken des Deckglases betragen für das erste System 0,38, für das zweite 0,8, für das letzte 1,8^{mm}.

Oculare gehören 4 dazu, von denen die drei stärkeren zu Messungszwecken mit corrigirbaren Fadenträgern versehen sind und das schwächste für Winkelmessungen eingerichtet ist. Sämmtliche Oculare sind ausserdem derart gebaut, dass ein Ocularmikrometer in dieselben eingelegt werden kann.

Kommen zu diesem Instrumente, dessen Vergrösserungen von 20- bis zu 3000fach linear steigen, noch das in der Abbildung (rechts) mit dem Stative verbundene, unmittelbar 50000stel der Pariser Linie angebende Schraubenmikrometer — nach Professor Münter's Mittheilung von unübertrefflicher Genauigkeit und Vollendung — ein Quetscher, ein Zeichenprisma, vollständiger Polarisationsapparat u. dgl., so beträgt dessen Preis 270 Thlr.

Kleinere Mikroskope liefert Nobert ebenfalls, und wechselt deren Preis mit der mehr oder minder vollständigen optischen und mechanischen Ausstattung.

S. Plössl in Wien. Plössl ist der eigentliche Nestor der deutschen Mikroskopenverfertiger, denn obgleich Frauenhofer der erste war, welcher dem von Amici und Chevalier eingeschlagenen Wege folgte, so hat derselbe doch dem Mikroskope verhältnissmässig wenig Aufmerksamkeit geschenkt und seine Thätigkeit vorzugsweise dem Bau des Fernrohres zugewendet. Seine ersten Versuche zur Construction achromatischer Objective, die er gleichsam mit einem Geheimnisse umhüllte, machte Plössl unter dem Beirathe des in dem Gebiete der Naturwissenschaft hochverdienten Professors Jaquin. Dieselben waren nicht ohne den gewünschten Erfolg geblieben, und so hat Plössl schon seit 1830 Mikroskope geliefert, welche mit den damaligen französischen und Amici'schen den Vergleich aushalten konnten. Auch später noch hielt derselbe mit jenen Optikern Schritt, so dass H. von Mohl 1846 die Plössl'schen Mikroskope neben die von Amici stellen konnte. Selbst bis in die neueste Zeit und bis in sein hohes Alter hat Plössl nicht aufgehört, dem Fortschritte zu huldigen, wie namentlich auch der Umstand beweist, dass er 1852 neben Nobert zuerst in Deutschland die Verbesserungseinrichtung für sein stärkstes System einführte und sein grosses Stativ den neueren Anforderungen entsprechend umgestaltete.

Plössl construirt mehrere Stative, die sich in Grösse und mechanischer Einrichtung unterscheiden.

Das grosse Stativ (Fig. 119) hat einen runden, hinreichend schweren Fuss *a*. Um eine mit demselben centrisch verbundene erhabene Scheibe *b*, welche in ihrem Mittelpunkte den seitlich verstellbaren Spiegel trägt, dreht sich der Ring *c*, auf dessen Fortsatz sich die dreiseitige Stahlstange *d* erhebt, welche den Objecttisch und das Rohr aufnimmt. Hierdurch wird es ermöglicht, den ganzen optischen Apparat mit Ausnahme des Spiegels um die optische Achse zu drehen und schiefes Licht von allen Seiten her auf das Object fallen zu lassen. Der Objecttisch, etwa 130 bis 140^{mm} über der Fläche des Arbeitstisches stehend, was einigermaassen unbequem ist, hat eine runde Form und hält 60^{mm} im Durchmesser. Unterhalb desselben befindet sich als Blendungsvorrichtung eine drehbare Diaphragmenscheibe. Ausserdem bringt Plössl noch eine Trommel unter dem Tisch an, um eine Beleuchtungslinse einsetzen zu können. Die grobe Einstellung geschieht mittelst Zahn und Trieb (*k*), wodurch die dreiseitige Hülse *f*, welche an dem Arm *g* das Rohr *h* enthält, auf der Stahlstange *d* verschoben wird, während die feine, den Körper treffende Einstellung der Mikrometerschraube *e* übertragen ist. Das Stativ hat durch diese verschiedenen Veränderungen gegen das ältere eine wesentliche Verbesserung erfahren und an Brauchbarkeit nicht wenig gewonnen. Die Höhe des ganzen Instrumentes beträgt indessen noch immer nicht weniger als 445^{mm}, so dass es zum Arbeiten höchst unbequem ist, namentlich aber bei gewöhnlicher Höhe des Arbeitstisches das Sitzen beim Beobachten gar nicht erlaubt.

Fig. 119.



Grosses Mikroskop von Plössl.

Das grosse Mikroskop kostet, wenn es mit dem aplanatischen und den drei gewöhnlichen Ocularen, sowie mit den sämmtlichen Objectiven

und dem stärksten Objectivsystem mit Verbesserungseinrichtung versehen ist, 250 Fl. ö. W.

Ausserdem liefert Plössl noch verschiedene kleinere Mikroskope, deren Preis je nach ihrer Einrichtung zwischen 150 bis 50 Fl. ö. W. schwankt.

Ich habe mehrere Mikroskope von Plössl kennen gelernt, sowohl ältere als neuere, grössere und kleinere, und gefunden, dass dieselben im allgemeinen scharfe und klare Bilder gewähren, die jedoch nicht immer ganz farbenfrei sind. An auflösendem Vermögen werden dieselben von vielen neueren Instrumenten bedeutend übertroffen, auch stehen einzelne Exemplare, was die Zartheit und Bestimmtheit in den Linien betrifft, etwas hinter den Leistungen der Mikroskope von Belthle, Hartnack und Zeiss zurück.

Genauer habe ich nur zwei grössere Mikroskope geprüft, von denen das eine in dem Jahre 1849, das andere in der Mitte der fünfziger Jahre gebaut wurde, und würde kaum gewagt haben, die erhaltenen Resultate zur Vergleichung mit den später gebauten Instrumenten anderer Optiker zu veröffentlichen, wenn ich nicht aus den Mittheilungen Pohl's (über mikroskopische Probeobjecte etc. Wien 1860) ersehen hätte, dass dieselben dem optischen Vermögen der neueren Objectivsysteme Plössl's noch ganz vollkommen entsprächen. Die Vergrösserungen habe ich in runden Zahlen angegeben, da mir zur Zeit eine ganz genaue Bestimmung nicht möglich war.

Mit der Linsencombination 1 + 2 + 3 und dem aplanatischen Ocular, Vergrösserung 70, wurde die zweite, mit Ocular II., Vergrösserung 260, die vierte Gruppe der Nobert'schen Platte gelöst.

Linsencombination 2 + 3 + 4 löste mit dem erstern Oculare bei einer Vergrösserung von 80 die dritte, mit Ocular II. bei einer Vergrösserung von 210 die fünfte Gruppe.

Linsencombination 3 + 4 + 5, aplanatisches Ocular, Vergrösserung 100, löste die fünfte, Ocular II., Vergrösserung 250, die achte Gruppe.

Linsencombination 5 + 6 + 7 (des älteren Instrumentes) ergab mit dem aplanatischen Ocular, Vergrösserung 250, die neunte, mit dem Ocular II., Vergrösserung 600, die zehnte Gruppe als gelöst.

Die Zeichnung auf der Schale von Pleurosigma angulatum konnte ich bei schiefer Beleuchtung nur andeutungsweise erkennen.

Bei dem neueren Instrumente beschränkte ich mich, da der übrige optische Apparat, wie ich mich überzeugte, den des älteren nicht hinter sich liess, auf die Prüfung des Systemes mit Verbesserungseinrichtung, welches mit dem aplanatischen Oculare eine etwas über 300fache, mit dem Ocular II. eine etwa 650fache Vergrösserung gewährt. Ich konnte mit dem ersten Oculare die zehnte, mit dem letzteren noch die elfte Gruppe der Nobert'schen Platte lösen und kam auch mit schiefer Beleuchtung nicht über die 20. Gruppe hinaus. Die Zeichnung auf der Schale von Pleurosigma angulatum wurde durch schiefes Licht zur Anschauung gebracht, ohne indessen die Schärfe zu zeigen, wie bei den

neueren, gleichstarken Systemen Hartnack's und Zeiss'. Auf die Lösungen Pohl's, welche derselbe in dem oben genannten Schriftchen niedergelegt hat, kann ich hier nicht näher eingehen, weil ich auf solche bei schiefer Beleuchtung und gar unter Anwendung von Lampenlicht erhaltene Resultate kein hohes Gewicht lege. Seine Angabe auf Seite 27 (a. a. O.), dass er bei einer Vergrösserung von 225fach die 30. Gruppe der Nobert'schen Platte gelöst gesehen habe, muss ich nach allen meinen Erfahrungen für eine Täuschung halten. Ebenso finde ich die Behauptung, dass die Mikroskope Plössl's in ihrer optischen Gesammtleistung von keinem andern der neuern übertroffen werden, etwas gewagt.

F. W. Schieck in Berlin. Schieck construirt nach dem mir im Herbste 1861 zugegangenen Preisverzeichnisse fünf verschiedene Formen von Mikroskopen; darunter auch noch solche mit dem bekannten, den neueren Anforderungen an die mechanische Einrichtung nicht mehr entsprechenden Stangenstativ.

Das grosse Mikroskop (Fig. 120 a. f. S.) mit grober Einstellung durch Zahn und Trieb, *H*, *G*, am Tubus, mit feiner, *L*, am Objecttische, *N*, versehen, mit 6 Objectivsystemen, drei orthoskopischen und einem gewöhnlichen Oculare, einer Beleuchtungslinse und verschiedenem anderen kleinen Zubehör, kostet 140, und wenn das Schraubenmikrometer hinzukommt 170 Thlr.

Das mittlere Mikroskop, etwas kleiner, sonst aber dem vorigen ähnlich gebaut, mit nur fünf Systemen Objectivlinsen, drei gewöhnlichen und einem orthoskopischen Ocular etc. erhält man um 101 Thlr.

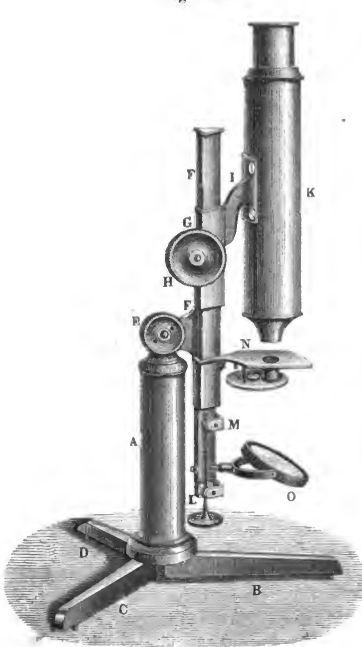
Das Mikroskop mit dem, in neuester Zeit von Schieck vorzugsweise gefertigten, Hufeisenstativ nach Oberhäuser, mit fünf Systemen Objectivlinsen, drei orthoskopischen und einem gewöhnlichen Ocular kostet 130 Thlr.

Das kleine Mikroskop, ähnlich dem Mikroskope *D* von Bénèche, mit Dreifuss, mit sechs Objectivlinsen, zwei einfachen und einem orthoskopischen Oculare und Zubehör, wird um den Preis von 50 Thlr. und noch ein kleineres, nach dem Microscope condé Oberhäuser's construirtes mit sechs Objectivlinsen und zwei Ocularen um den von 40 Thlr. abgelassen.

Ich habe Gelegenheit gehabt, mehrere Mikroskope von Schieck kennen zu lernen, konnte aber keines so vollständig prüfen, dass ich bei der bisher beobachteten Vollständigkeit die Resultate hier zur Vergleichung vorlegen möchte. Die mechanische Ausführung war bei allen Instrumenten in ihrer Art musterhaft. Der optische Apparat ist gleichfalls in gewissen Beziehungen recht schön. Die Bilder mancher der älteren Systeme sind mit den schwächsten Ocularen ziemlich scharf gezeichnet und meistens farbenfrei. Einige neuere Systeme, welche ich kennen lernte, befrie-

digen in Bezug auf Schärfe des Bildes, Farbenfreiheit und Ebnung vollkommen, obwohl die Linien nicht ganz so fein gezogen erscheinen, wie bei den gleichstarken Systemen von Belthle, Hartnack und Zeiss. Für die schwächeren Linsencombinationen fand ich das Auflösungsvermögen noch etwas unter dem der Plössl'schen stehend. Bei den stärkeren hat Schieck aber in der neueren Zeit ebenfalls Fortschritte gemacht und den Oeffnungswinkel vergrössert, so dass man bei schiefer Beleuchtung die Streifung des Pleurosigma angulatum erkennen kann, wenn auch deren Zeichnung nicht so bestimmt erscheint, wie mittelst gleich hoher Vergrösserungen derjenigen Mikroskope, welche die letztere vorzugsweise dem Objectivsysteme zuweisen. Bei gerade einfallendem Lichte konnte ich mit der stärksten Linsencombination, welche mit dem schwächsten Ocular etwa 260mal vergrössert, über die achte Gruppe der Nobert'schen Platte nicht hinauskommen.


Fig. 120.



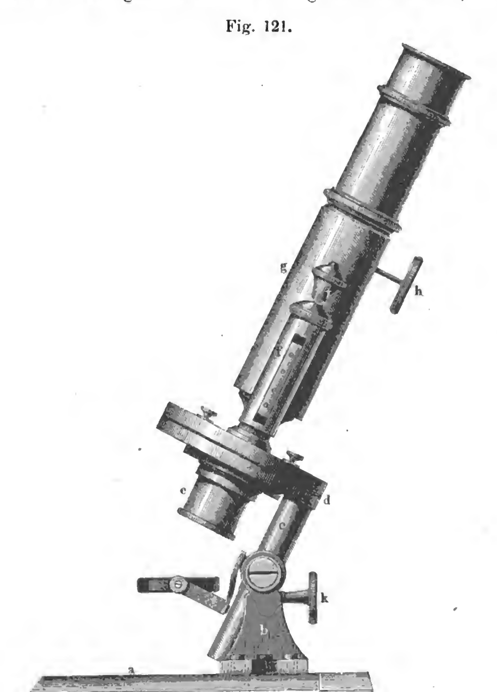
Grosses Stangenstativ von Schieck.

Hugo Schröder in Hamburg. H. Schröder gehört, wie dies schon Schacht hervorgehoben hat, gewiss zu den tüchtigeren, zu guten Hoffnungen berechtigenden, jüngeren Kräften auf dem Gebiete der praktischen Optik und wird von einem regen Eifer für die Vollendung seiner Apparate beseelt. Er berechnet Stative, Objectivsysteme und Oculare besonders und sind dafür die bei den einzelnen Stativen angegebenen Preise nur für diese zu verstehen.

Das grosse Stativ (Fig. 121) besitzt einen Dreifuss *a*, einen hinreichend grossen runden Tisch *d* und Spiegeleinrichtung für gerades und schiefes Licht. Die grobe Einstellung geschieht mittelst eines Getriebes

durch die Schraube *h*, die feine durch Mikrometerbewegung an der Tubussäule *f* mittelst des Schraubenknopfes *i*. Als Blendungsvorrichtung dienen versenkbare Cylinderblenden *e*, welche mittelst Schlittens gewechselt werden. Das ganze Instrument hängt mit der Säule *c*, welche den

Fig. 121.



Grosses Mikroskop von H. Schröder.
(Tisch um 90° gedreht.)

Spiegel trägt, beweglich an zwei Trägern *b* und kann, zwischen der senkrechten und horizontalen, in jeder beliebigen Lage durch die Schraube *k* festgestellt werden. Sein Preis beträgt 60 Thlr.

Ein zweites Stativ besitzt einen runden Fuss, runden, drehbaren Objecttisch, Spiegeleinrichtung für gerades und schiefes Licht, von unten zu wechselnde Cylinderblendungen, grobe Einstellung mittelst Zahn und Trieb, feine mittelst Mikrometerschraube und kostet 40 Thlr.

Stativ Nr. 2 des Preisverzeichnisses besitzt einen Hufeisenfuss, ovalen, grossen Objecttisch, gerade und schiefe Spiegelstellung, grobe Einstellung durch Zahn und Trieb, feine mittelst einer federnden Platte nach H. v. Mohl, drehbare Blendungsscheibe, und es beträgt sein Preis 20 Thlr.

Das kleine Stativ (Nr. 1 des Verzeichnisses) hat einen runden Fuss, runden Tisch, gerade und schiefe Spiegelstellung, grobe Einstellung durch Verschiebung des Rohres, feine durch eine federnde Platte, drehbare Blendungsscheibe, und wird mit 12 Thlr. berechnet.

Objectivsysteme construirt Schröder acht. Ein solches aus zwei Achromaten von $1/2''$ Brennweite zu 6 Thlr., ferner vier von ihm dialytische genannte und vorzugsweise für gerades Licht bestimmte Systeme Nr. 1 und 2 à 14 Thlr., Nr. 3 à 17 Thlr., Nr. 4 à 20 Thlr., endlich drei Eintauchsysteme (Stipplinsen) mit Verbesserungseinrichtung Nr. 1 à 20 Thlr., Nr. 2 à 26 Thlr., Nr. 3 à 32 Thlr.

Von Ocularen kann man zehn verschiedene erhalten und zwar die drei gewöhnlichen zu je 3 Thlr., die vier orthoskopischen zu je 6 Thlr., die zwei aplanatischen zu je 10 Thlr. und ein aufrichtendes zum Präpariren zu 10 Thlr.

Von seinen neueren Objectivsystemen hat mir Schröder im Frühjahr 1862 freundlichst sechs Nummern zur Prüfung überlassen und es ergab letztere folgende Resultate.

Das dialytische System Nr. 1 mit einer Aequivalentbrennweite von $4/10''$ par. (10^{mm}) *) gibt mit den Ocularen I., III. und IV. von Hartnack Vergrösserungen von 100, 150 und 275. Von der Nobert'schen Probeplatte wird mit Ocular III. die fünfte Gruppe noch deutlich gelöst. Von organischen Objecten liefert dasselbe ein scharf und bestimmt gezeichnetes Bild, welches jedoch im Ganzen etwas stark gelb gefärbt erscheint und an den Grenzlinien bemerklich blaue Ränder zeigt.

System 2 mit einer Brennweite von $1/8''$ par. ($4{,}00^{mm}$), vergrössert mit den gleichen Ocularen 190-, 288- und 525mal. Mit Ocular III. erscheint die achte Gruppe der Nobert'schen Platte noch sehr deutlich in Linien zerlegt. Das Bild organischer Objecte zeigt sich in seinen Begrenzungen scharf und rein gezeichnet und sehr lichtstark, die gelbe Färbung ist etwas geringer als bei System 1, doch immer noch etwas störend.

System 3 mit einer Brennweite von $1/12''$ par. ($2{,}65^{mm}$) vergrössert 280-, 420- und 690mal. Es löst unter gleichen Umständen wie oben die neunte Gruppe der Nobert'schen Platte noch recht schön, weniger deutlich die zehnte. Die Bilder organischer Objecte sind wie bei den oben genannten lichtstark, scharf in ihren Umrissen und Einzelheiten, ohne merkbare Farbensäume und im Ganzen nur mehr wenig gelb gefärbt, etwa denen von Hartnack's Nr. 8 zu vergleichen, doch nicht ganz so vollkommen. Bei schiefer Beleuchtung ist die Zeichnung auf der Schale von Pleurosigma ohne Schwierigkeit sichtbar zu machen.

---

*) Die in Pariser Zollen angegebene Brennweite beruht auf Schröder's Angaben, die in ^{mm} angegebene auf meinen eigenen Bestimmungen.

Was diese dialytischen Systeme im Allgemeinen betrifft, so ist nicht zu bestreiten, dass dieselben bei ihrem grossen Abstande von dem Objecte, ihrer Lichtstärke und der Schärfe des Bildes, namentlich in der Mitte des Gesichtsfeldes für histiologische Untersuchungen Vortreffliches zu leisten im Stande sind und den besten gleichwerthigen Systemen an die Seite gestellt werden dürfen, wenn Hr. Schröder einestheils die gelbe Färbung, anderntheils die blauen Ränder der Grenzlinien (bei den beiden schwächeren Systemen) vollständig zu beseitigen sich veranlasst findet, was ich nach brieflicher Mittheilung voraussichtlich annehmen darf.

Das Eintauchungssystem Nr. 1 mit einer Brennweite von $^1/_8''$ par. ($3{,}1^{mm}$) und einer Oeffnung von 150^0 (nach Schröder's Angabe) gewährt mit den Ocularen I. bis III. von Hartnack 265-, 405- und 725fache Vergrösserungen. Es löst an der Nobert'schen Platte die 12. Gruppe und ebenso die gleichwerthigen natürlichen Probeobjecte. Bei schiefer Beleuchtung treten die Sechsecke auf der Schale von Pleurosigma angulatum sehr schön hervor. Das Bild organischer Objecte ist ohne Farbensäume, im Ganzen nur schwach gelblich gefärbt, gut begrenzt und hell erleuchtet, steht jedoch an Schärfe und Klarheit demjenigen der Hartnack'schen Eintauchsysteme etwas nach, ebenso dem der stärkeren Systeme von Belthle und Zeiss, die nicht zum Eintauchen bestimmt sind.

System 2 besitzt eine Brennweite von $^1/_{12}''$ par. ($2{,}25^{mm}$), 160^0 Oeffnung und vergrössert 315-, 480- und 860mal. Von der Nobert'schen Platte wird die 13. Gruppe noch hinreichend klar in Linien aufgelöst und die Sechsecke auf der Schale von Pleurosigma angulatum fangen an, über die ganze Schale sichtbar zu werden. Bei schiefer Beleuchtung treten dieselben sehr schön hervor, ebenso sieht man die Streifung auf Nitzschia sigmoidea.

Das System Nr. 3 besitzt eine Brennweite von $^1/_{16}''$ par. ($1{,}63^{mm}$), 175^0 Oeffnung und gewährt 530-, 810 und 1440fache Vergrösserungen. Die 16. Gruppe der Nobert'schen Platte erhielt ich bei geradem Lichte noch hinreichend gelöst, weit schöner die 15.; die Zeichnung von Pleurosigma angulatum erscheint deutlich, wenn auch nicht ganz so scharf, wie sie die Systeme 9 und 10 von Hartnack zeigen. Bei sorgfältig geregelter schiefer Beleuchtung werden auch die schwierigsten Probeobjecte, z. B. Grammatophora subtilissima, gelöst. Es bleibt aber auch hier die Schärfe der Zeichnung etwas gegen diejenige zurück, welche die eben genannten Systeme 9 und 10 gewähren. In Bezug auf das Bild organischer Objecte gilt auch für die Systeme 2 und 3, was ich bei Nr. 1 gesagt habe.

Die Eintauchsysteme des Herrn Schröder gehören im Ganzen zu den besten Leistungen unserer neueren deutschen Optiker, und ist nicht zu bezweifeln, dass dieselben durch eine weitere Vervollkommnung den besten Systemen dieser Art ebenbürtig werden. Ob diese Einrichtung auch für das schwächere System von $^1/_8''$ par. Brennweite gerathen sei, möchte ich bezweifeln, da man dessen optische Kraft ganz gut auch ohne Was-

ser erreichen kann, und das Princip, weil eben die Handhabung doch immer etwas Unbequemes hat, nur in Bezug auf solche Systeme zu billigen ist, von denen man die höchsten Leistungen verlangt *).

Die Nebenapparate, welche Schröder liefert, halten sich so ziemlich auf gleicher Höhe mit den früher mitgetheilten Preisen, weshalb ich dieselben nicht näher aufführe und nur das Schraubenmikrometer à 30 Thlr. und vorzugsweise den Lieberkühn'schen Spiegel zu den schwächeren Systemen, à 6 Thlr., besonders hervorhebe.

Carl Zeiss in Jena. Schon bei der Besprechung des einfachen Mikroskopes hatte ich Veranlassung, Herrn Zeiss, welchem dieses Hülfsmittel der Forschung manche wichtige Verbesserungen verdankt, rühmend zu erwähnen. In gleicher Weise strebt er auch schon seit längerer Zeit dahin, Stative sowie Objectivsysteme für das zusammengesetzte Mikroskop zu construiren, welche allen Anforderungen des wissenschaftlichen Mikroskopikers zu entsprechen im Stande seien. Da ich vor Jahren schon Gelegenheit hatte, in das ernste und rastlose Streben des Herrn Zeiss manchen Blick zu thun, so durfte ich aus dessen Werkstätte nur Vorzügliches erwarten. Diese Erwartung bestätigte sich denn auch, als derselbe so freundlich war, mir mehrere seiner Stative, seine sämmtlichen gangbaren Objectivsysteme, sowie einige ihm eigenthümliche Nebenapparate zur Prüfung zu übersenden.

Zeiss berechnet wie Schröder Stative, Objectivsysteme und Oculare gesondert und überlässt es der Wahl des Bestellers, sich sein Instrument in jeder Beziehung nach Wahl auszustatten.

Von Stativen baut Zeiss in der neuesten Zeit acht Formen 0., I., Ib., II., IIIb., IIIc., IV. und V.

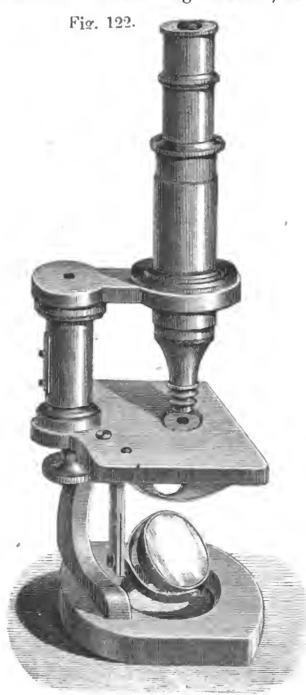
Das Stativ 0 ist ganz dem Oberhäuser'schen Hufeisenstativ nachgebildet und wird für sich mit 55 Thlr., mit den Objectivsystemen *A*, *C*, *D* und *F* und den Ocularen 1 bis 4, einer Camera lucida, einem Deckglastaster und Ocularglasmikrometer ausgerüstet zu 133 Thlr. berechnet. In vollständiger Ausstattung mit den Systemen *A*, *B*, *C*, *D*, *E* und *F*, sämmtlichen Ocularen 1 bis 4, mit grosser Beleuchtungslinse, Polarisationsapparat, Camera lucida, Compressorium, Deckglastaster, Objectiv- oder Ocularmikrometer steigt der Preis auf 200 Thaler.

Das mittlere Stativ I, Fig. 122, hat einen ringförmigen Fuss, welcher einen sehr festen Stand gewährt. Von diesem aus und durch drei starke Schrauben mit ihm verbunden, erhebt sich eine vierseitige geschweifte Säule, welche den Objecttisch sowie den übrigen Körper trägt. Der Objecttisch, viereckig und sehr fest, hat 80^{mm} Länge und 75^{mm} Breite und bietet hinreichend Raum zu jeglicher Manipulation. Er steht bei diesem Stative fest, dagegen wird dessen Drehung durch die äusserst sinnreiche Spiegeleinrichtung ersetzt. Der Spiegel ist nämlich mit seiner Kurbel statt unmittelbar an der Säule, an einem rechtwinklig gebogenen,

*) Nach einer brieflichen Mittheilung von Prof. Max Schulze in Bonn hat derselbe einige neueste Systeme Schröder's für ganz vorzüglich erkannt.

unter dem Tisch festgeschraubten Arm (s. Fig. 123) aufgehängt, so dass es möglich wird, denselben bei gleicher Neigung eine Seitendrehung von beinahe 180° machen und das schiefe Licht in verschiedener Richtung auf das Object fallen zu lassen. Kann diese Einrichtung auch den drehbaren Tisch nicht vollständig ersetzen, so muss man ihr doch das Verdienst zugestehen, jene theurere Einrichtung in mancher Beziehung entbehrlich gemacht zu haben. Auch die Blendungsvorrichtung dieses Statives bekundet einen Fortschritt. Sie besteht aus einer gewölbten Diaphragmenscheibe mit fünf Oeffnungen, die centrirt stets den höchsten Punkt der Vorrichtung einnehmen und so dem Objecte fast ebenso nahe gebracht werden können, wie die Cylinderblendungen. Die grobe Einstellung geschieht durch Verschiebung des Rohres, die feine mittelst Mikrometerbewegung der Tubussäule und es wirkt dieselbe mit einer Feinheit und Stetigkeit, die alle Anerkennung verdient.

Fig. 122.



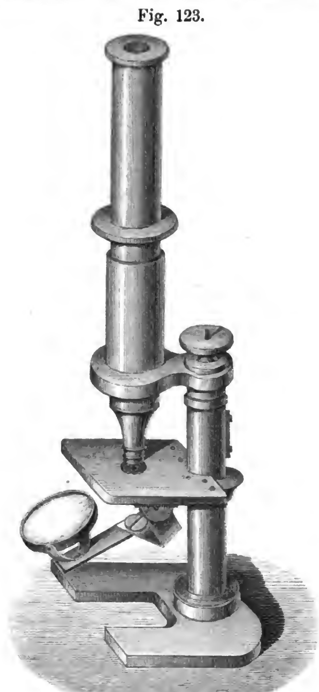
Mikroskop Nro. 1 von Zeiss.

Dieses Stativ entspricht fast allen Anforderungen, wie ein grösseres, während es bei seinem einfacheren Bau um weit niedrigern Preis zu erwerben ist. Mit den Objectivsystemen *A*, *C*, *D*, *F*, den Ocularen 1, 2, 3 und 4, mit Camera lucida, Deckglastaster und Ocularmikrometer ausgerüstet kostet dasselbe 105 Thlr.

Das Stativ Ib. ist in seinem obern Theile, ebenso in Bezug auf Spiegeleinrichtung und Blendungsvorrichtung dem vorigen gleich gebaut. Der Fuss und der sonstige untere Theil entspricht dagegen dem Hufeisenstativ, da bei demselben die Drehung des Objecttisches angebracht ist. Ich habe von Hrn. Zeiss eines dieser Stative zur Ansicht erhalten und kann es nur empfehlen. Wird es etwa noch mit von unten einzuschiebenden Cylinderblenden versehen, so kommt es den grossen Stativen ganz gleich, während es in seinem Preise sich doch bedeutend mässiger stellt, indem es mit obiger Ausstattung zu 120 Thlr. berechnet wird.

Die Stative III b. (Fig. 123) und III c. gehören in die Classe der kleinen Stative, und es unterscheiden sich beide wesentlich nur dadurch von einander, dass bei dem letzteren der Tisch drehbar ist. Der Fuss, bei dem ersteren von Hufeisenform, bei dem letzteren viereckig und schwer, trägt die Rundsäule, an welcher der quadratische feststehende Objecttisch von 50^{mm} Seite, sowie der Arm mit der federnden Hülse, in der sich das Rohr zur groben Einstellung verschieben lässt, befestigt sind. Spiegeleinrichtung und Blendungsvorrichtung gleichen der bei Nr. I beschriebenen. Die feine Einstellung wird mittelst Mikrometerbewegung der Tubussäule bewerkstelligt. Mit den Objectivsystemen *A*, *C*, *D* und *F*, den Ocularen 1, 2, 3 und 4, Camera lucida, Deckglastaster und Ocularmikrometer ausgestattet, kosten diese Mikroskope 91 Thlr. resp. 104 Thlr., mit den Systemen *A* und *D* und den Ocularen 2, 3 und 4 45 Thlr. und resp. 53 Thlr.

Fig. 123.



Mikroskop Nro. III b. von Zeiss. (Schiefe Spiegelstellung)

Die vier beschriebenen Modelle dürften meiner Ansicht nach die weiteste Verbreitung finden, und wäre im Interesse dieser nur zu wünschen, dass Zeiss bei seinen 1863 notirten Preisen stehen geblieben wäre.

Das Stativ II. und IV., beide mit solidem rundem Fuss, haben seitlich verstellbaren Spiegel, gewölbte Blendungsscheibe und feine Einstellung an der Tubussäule. Das erste wird für sich mit 20 Thlr., das letztere mit 11 Thlr. berechnet. Das kleinste Stativ V. mit rundem Fuss und nur grober Einstellung durch Tubusverschiebung, sonst dem Stativ IIIb. ähnlich gebaut, wird mit System *A* und Ocular 2 zu 15 Thlr., mit demselben System und den Ocularen 2 und 3 zu 17 Thlr. berechnet.

Alle Stative sind in ihrer Ausführung vortrefflich, und es hat Zeiss

durch den feststehenden, räumlichen Objecttisch, namentlich aber durch die feine Einstellung an der Tubussäule, eine wesentliche Vervollkommnung der kleinen und kleinsten Stative herbeigeführt, welche allgemeine Nacheiferung verdient. Man kann bei dieser Einrichtung selbst mit den kleineren Stativen die stärksten Objectivsysteme verbinden, ohne dass das optische Vermögen beeinträchtigt wird. Da man ausserdem verschiedene Combinationen von Objectivsystemen und Ocularen wählen kann, so hat man in Bezug auf den Kostenpunkt einen möglichst freien Spielraum. Zeiss führt in seinem Preisverzeichnisse nicht weniger als 30 verschiedene Combinationen von Stativen, Objectivsystemen und Ocularen an, die in ihren Preisen von 200 Thlr. bis zu 15 Thlr. schwanken.

Diejenigen Combinationen, die ich für die passendsten erachte, sind neben den grossen und oben beschriebenen mittleren und kleineren Mikroskopen folgende:

Stativ I. od. 1 b.,	Objectivsystem	*A, D, F,*	Ocular 2, 3 u. 4	zu 80 Thl.	u. 95 Thl.
„ I.	„	*A, D,*	„ 2, 3 u. 4	„ 54 „	„ 69 „
„ II.	„	*C, F,*	„ 2, 3 u. 4	„ 64 „	
„ II.	„	*A, D,*	„ 2, 3 u. 4	„ 47 „	
„ III b. od. III c.,	„	*C, F,*	„ 2, 3	„ 60 „	„ 68 „
„ IV.	„	*A, D,*	„ 2, 3 u. 4	„ 38 „	
„ IV.	„	*C, D,*	„ 2, 3 u. 4	„ 44 „	
„ IV.	„	*C,*	„ 2, 3	„ 27 „	

Objectivsysteme liefert Zeiss sechs Nummern *A* zu 6 Thlr., *B* zu 8 Thlr., *C* (zwei Objectivsysteme mit 3 und 2 Linsen gebend) zu 12 Thlr., *D* zu 15 Thlr., *E* zu 16 Thlr. und *F* zu 26 Thlr.

Von den vier Ocularen 1 bis 4, deren Gesichtsfeld etwas beschränkt ist, wird jedes zu 2 Thlr. berechnet.

Der optische Apparat ist bei sämmtlichen Mikroskopen ganz vorzüglich und gehören namentlich die Objectivsysteme dem ersten Range an.

Ich habe von den letzteren die gangbarsten und für alle Fälle ausreichenden *A*, *C*, *D* und *F* genauer untersucht und folgende Resultate erhalten:

Das System *A* hat eine Brennweite von 15,25^{mm} und vergrössert nach meinen eigenen Messungen mit den Ocularen 2, 3 und 4 75-, 130- und 190mal. An der Nobert'schen Platte konnte ich mit Ocular 3 die vierte Gruppe deutlich lösen. Das Bild organischer Objecte ist vollkommen farbenfrei und besitzt eine so scharfe Zeichnung, dass man dieses System den besseren von gleicher Stärke anreihen darf.

Die obere Linse lässt sich auch für sich allein gebrauchen und vergrössert mit dem zweiten und dritten Ocular 30- und 52mal.

Das System *C* besitzt eine Brennweite von 8,5^{mm} und eine Oeffnung von 41^{0}; seine Vergrösserungen betragen 130, 220 und 330. Das System ist sehr lichtstark und gewährt recht klar gezeichnete Bilder,

die im Ganzen eine nur wenig gelbliche Färbung haben, kaum aber Farbensäume zeigen. Von der Nobert'schen Platte wird noch die sechste Gruppe schön gelöst, und die Querstreifen der Hipparchia Janira treten bei schiefem Lichte entschieden und scharf hervor, ebenso die Querlinien auf der Schale von Pleurosigma attenuatum in Balsam. Schraubt man die mittlere Linse heraus und an deren Stelle ein kleines beigegebenes Rohr, so erhält man ein schwächeres Linsensystem mit zwei Achromaten, welches an Vergrösserung dem System *A* gleichkommt und sich ganz brauchbar erweist.

Das System *D* mit einer Brennweite von $3{,}6^{mm}$ und einem Oeffnungswinkel von 67° vergrössert nach meinen Messungen 300-, 520- und 760-mal. Es ist ein Glas von ganz vortrefflicher Wirkung, namentlich für gerades Licht. Das Bild ist bei dem Gebrauche eines passenden Deckglases von 0,2 bis $0{,}3^{mm}$ Dicke sehr klar und bestimmt gezeichnet, in jeder Weise farbenfrei, äusserst lichtstark und eben, so dass ich dasselbe in diesen Beziehungen demjenigen des Systemes 3 von Belthle und 7 von Hartnack, welche noch etwas stärker sind, an die Seite setzen kann. Sein Auflösungsvermögen erreicht ebenfalls einen hohen Grad, indem es dem genannten System von Belthle nahezu gleichkommt. Die Querstreifen der Hipparchia Janira, ebenso der Pleurosigma attenuatum treten bei geradem, die Sechsecke auf der Schale von Pleurosigma angulatum bei schiefem Lichte sehr bestimmt hervor, und an der Nobert'schen Platte wird noch die zehnte Gruppe gelöst.

Von fast noch höherer Vollendung ist das stärkste System *F* mit einer Brennweite von $1{,}9^{mm}$, 102° Oeffnung und 530-, 980- und 1440-facher Vergrösserung. Gegen die Deckglasdicke ist dasselbe etwas empfindlich, liefert aber auch, wenn man diese ($0{,}2^{mm}$) passend gewählt hat, ganz vorzüglich klare, scharf umschriebene, farbenfreie, lichtstarke und ebene Bilder organischer Objecte, deren feinste Structurverhältnisse es vortrefflich aufhellt. In dieser Beziehung steht es den Objectivsystemen 4 von Belthle, sowie den Eintauchsystemen von Hartnack zur Seite. Was sein auflösendes Vermögen anlangt, so wird es darin nur von wenigen Systemen übertroffen, deren Preis dann aber auch um das Doppelte und mehr höher steht. Auf Synedra fulgens kann ich bei geradem Lichte die Streifen sehr deutlich sehen und auch die Sechsecke auf Pleurosigma angulatum treten bei günstiger Beleuchtung zart gezeichnet hervor, während von der Nobert'schen Platte die 13. Gruppe gelöst wird. Bei schief einfallendem Lichte habe ich auch die schwierigsten natürlichen Probeobjecte mit Ausnahme von Frustulia saxonica gelöst erhalten, wenn auch nicht ganz mit der Schärfe, wie dies bei den Eintauchsystemen von Hartnack der Fall ist, die ausserdem an Lichtstärke noch etwas höher stehen.

Eine Eigenschaft besitzen indessen die beiden zuletzt genannten Systeme, welche sich namentlich bei geradem Lichte geltend macht und mir in der Weise noch nicht vorgekommen ist. Dieselben sind nämlich sehr

empfindlich gegen die Krümmung des Spiegels, sowie gegen dessen Entfernung vom Objecte, so dass es Zeiss erst nach längeren Versuchen, welche auf meinen darauf bezüglichen Mittheilungen beruhten, gelungen ist, seinen Spiegeln die Einrichtung zu geben, welche den Systemen bei geradem Lichte ihre volle Kraft zu entfalten gestatten. Ich selbst habe die Eigenschaft dadurch erkannt, dass ich die Zeiss'schen Systeme auch bei meinen Stativen von Hartnack und Belthle benutzte, bei denen der Brennpunkt des Spiegels zum mindesten nahe mit dem Objecte zusammenfällt, während er bei den Zeiss'schen Stativen früher über demselben lag. Während ich bei meiner Prüfung an dem Stativ I. von Hrn. Zeiss bei geradem Licht etwas milchige und nicht ganz scharfe Bilder organischer Objecte erzielte, wenn ich nicht stark abblendete, waren dieselben mit denselben Objectivsystemen an den anderen Stativen ganz ausgezeichnet, wie sie sich mir auch bei dem neuerdings zur Ansicht mitgetheilten Stative I b. und einem III b. darstellten, welche mit den neu construirten Spiegeln versehen sind. Ich erwähne dieser Eigenschaft vorzugsweise deshalb, weil ein oder der andere Forscher die gleiche Erfahrung machen und sich veranlasst sehen könnte, den Grund davon in einer anderen Ursache zu suchen.

Die verschiedenen Nebenapparate des Mikroskopikers fertigt Herr Zeiss ebenfalls und zwar um recht mässige Preise an und verdient deren Ausführung, soweit sie mir bekannt geworden sind, alles Lob.

G. B. Amici, Professor und Director des Observatoriums zu Florenz. Sobald die ersten Versuche der beiden Chevalier in Paris zur Herstellung achromatischer Objectivsysteme für das Mikroskop und deren Erfolge bekannt wurden, wendete sich auch Amici seinen früheren, zeitweise verlassenen Untersuchungen in dieser Richtung wieder zu und verlegte sich auf die Construction solcher Systeme. Seine Bestrebungen wurden von solchem Erfolge gekrönt, dass er schon 1827 ein aplanatisches Mikroskop vorlegen konnte, welches die Chevalier'schen wo nicht übertraf, doch mindestens erreichte. Von besonderem Vortheil für die Vervollkommnung der Amici'schen Mikroskope war der Umstand, dass Amici nicht nur praktisch und theoretisch gebildeter Optiker, sondern auch tüchtiger wissenschaftlicher Beobachter war und so die Bedürfnisse des ausübenden Mikroskopikers in vollem Maasse würdigen und denselben gerecht werden konnte. Es gingen deshalb auch aus seinen Händen seit 1827 bis zur neuesten Zeit Instrumente hervor, welche sich, in ihrem optischen Theile zum wenigsten, der vollkommensten Anerkennung der Forscher zu erfreuen hatten.

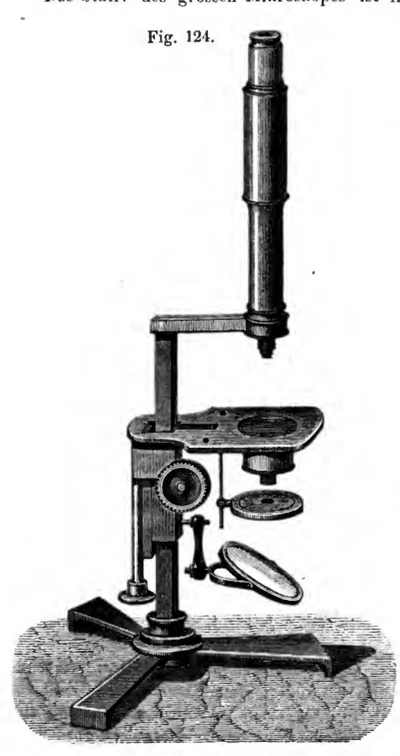
Seit dem 10. April 1863 ist der tüchtige Forscher und Optiker nicht mehr unter den Lebenden. Da sich indessen eine nicht geringe Zahl von Instrumenten in den Händen von Anatomen und Aerzten befinden, sich mithin nicht selten Gelegenheit bieten wird, ein solches zu erwerben, habe ich denselben einen Platz in diesem Werke nicht versagen zu dürfen geglaubt.

Von den grösseren Instrumenten Amici's ist mir nur ein ganz vortreffliches älteres aus dem Ende der 40ger Jahre bekannt, während ich von den neueren nur ein mittleres Mikroskop zu sehen und zu prüfen Gelegenheit hatte. Ich werde mich daher in dem Folgenden im Allgemeinen an die Mittheilungen von Dr. Lambl in Prag halten (Vierteljahresschrift für praktische Heilkunde etc. 1859 I. Reisebericht Seite 200 u. f.), der mit den Amici'schen Mikroskopen aufs Genaueste bekannt ist.

Amici construirte drei verschiedene Mikroskopformen, ein grosses, ein mittleres und ein Taschenmikroskop, von denen jedes eine ganz bestimmte optische Ausstattung erhält.

Das Stativ des grossen Mikroskopes ist im Wesentlichen in seiner mechanischen Einrichtung den älteren (Fig. 124) gleich, und hat Amici nur den Beleuchtungsapparat dahin verändert, dass er an die Stelle des Spiegels das später bei den Nebenapparaten zu beschreibende Prisma gesetzt hat, welches jeden Wechsel der Beleuchtung gestattet, sowohl was die Richtung der Lichtstrahlen, als deren Intensität betrifft. Dasselbe wird mit sechs Objectivsystemen, Serie I. bis VI., und zwei Ocularen ausgestattet, und es wechselt sein Preis je nach der Beigabe von Nebenapparaten von 600 bis 800 Franken (160 bis 215 Thlr.).

Fig. 124.



Grosses Mikroskop von Amici.

Die Serie I., welche mit den beiden Ocularen bei verkürzter (normaler) Rohrlänge Vergrösserungen von 78- und 100mal liefert, dient sowohl für die Beobachtung mittelst durchgehenden, als mittelst auffallenden Lichtes, welch

letztere Beleuchtungsweise durch das Amici eigenthümliche Prisma bewirkt wird.

Serie II. mit Vergrösserungen von 200 und 258 ist, wie die vorige für beiderlei Beleuchtungsweisen, also sowohl zur Beobachtung durchsichtiger wie undurchsichtiger Gegenstände bestimmt. Zur Beleuchtung der letzteren dient, wenn sie grösser sind, das erwähnte Prisma, wenn sie dagegen klein sind, ein silberner Lieberkühn, der an das System unten angeschraubt wird.

Serie III. mit Vergrösserungen von 420- und 541mal ist blos zur Beobachtung durchsichtiger Gegenstände ohne Deckglas bestimmt, verträgt indessen auch noch ein sehr dünnes Deckglas, ohne dass die Bilder wesentlich beeinträchtigt werden.

Serie IV. mit Vergrösserungen von 433 und 577 ist nur für die Beobachtung durchsichtiger Gegenstände geeignet, welche mit einem Deckglase von 1,1^{mm} bedeckt sind. In engen Grenzen kann indessen diese Dicke wechseln, ohne dass die Schärfe und Klarheit der Bilder leidet.

Serie V. ist zum Eintauchen in Wasser bestimmt und hat mit der vorhergehenden etwa gleiche Vergrösserungskraft. Dieselbe ist gleichfalls nur für die Beobachtung durchsichtiger, bedeckter Gegenstände eingerichtet, aber keineswegs an so enge Grenzen in der Deckglasdicke gebunden, wie jene, da hier die Wasserschicht die betreffenden Compensationen kewirkt.

Serie VI., mit Vergrösserungen von 866- und 1154mal ist zum Eintauchen in Oel eingerichtet, wozu man ganz reines klares Mohnöl oder Süssmandelöl verwendet. Auch hier ist man, wie bei V., nicht an eine ganz bestimmte Dicke des Deckglases gebunden, und kann diese in noch weiteren Grenzen zwischen dem Abstande der unteren Linsen vom Objecte schwanken, als bei jener, da das Oel an Brechungsvermögen dem Material aus welchem die untere Linse besteht, fast gleichkommt.

Das mittlere Mikroskop wird auf den Kasten aufgeschraubt. In seinen Einrichtungen für Einstellung und Beleuchtung bietet es so ziemlich das Gleiche, wie das grössere Mikroskop. Es gehören zu diesem Instrumente drei Objectivsysteme, von denen eines zum Eintauchen in Wasser dient, nebst zwei Ocularen und es beträgt dessen Preis 200 Frcs., was im Verhältniss zu den Leistungen äusserst billig ist.

Von einem dieser Instrumente hatte ich Gelegenheit die Objectivsysteme kennen zu lernen.

Das schwächste, welches an vergrössernder Kraft etwas über dem Systeme Nr. 1 von Belthle zu stehen schien, gewährte ganz schöne und klare Bilder, jedoch waren dieselben nicht ganz ohne Farbe.

Das mittlere System, etwas stärker, als das System 3 von Belthle, gewährte sehr scharfe, klare und dabei völlig farbenfreie Bilder von organischen Objecten, mit denen ich etwa diejenigen des genannten Systemes von Belthle vergleichen möchte. Auf der Schale von Pleurosigma attenuatum wurden die Querstreifen bei direct auffallendem Lichte deut-

lich gesehen und bei schiefer Beleuchtung traten auch die Sechsecke des Pleurosigma angulatum bestimmt hervor.

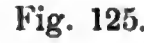
Das stärkste System, welches etwa dem System 9 von Hartnack gleichkommt, ist zum Eintauchen in Wasser bestimmt. Die Sechsecke auf der Schale von Pleurosigma angulatum lassen sich bei centraler Beleuchtung schon erkennen, deren Zeichnung ist aber — wenn ich so sagen darf — etwas duftig, so dass sie nicht ganz so scharf hervortritt, wie bei dem Systeme 9 von Hartnack. Mittelst schief einfallenden Lichtes löst man sicher sämmtliche der schwierigeren Probeobjecte, denn die Querstreifen der Grammatophora subtilissima, die mir zur Zeit bloss zur Verfügung stand, habe ich deutlich erkannt. In Bezug auf das Bild organischer Objecte erreichte das System die Hartnack'schen nicht ganz, dieselben erschienen mir etwas milchig, nicht ganz so klar, wie bei den letzteren, und obwohl die Grenzen im Sonstigen scharf gezogen erschienen, traten doch schmale, bläuliche Farbensäume hervor. Jedenfalls gehört indessen das System zu denen, welche die höchste optische Kraft repräsentiren und bei der Erforschung der feinsten Structurverhältnisse ihre vorzüglichen Dienste leisten.

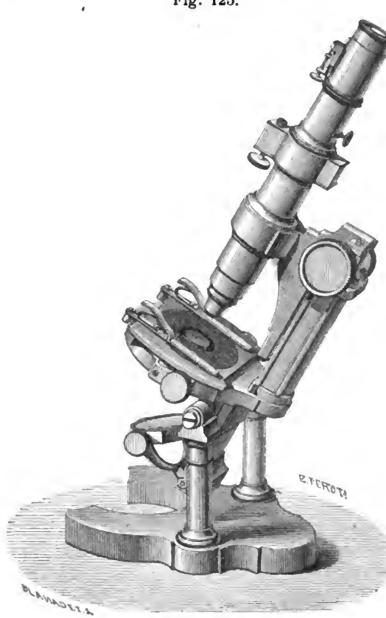
Das kleinste Mikroskop soll nach der Beschreibung Dr. Lambl's ein Taschenmikroskop im wahren Sinne des Wortes sein, da sich dessen Röhre auf die Länge von 60^{mm} reduciren lässt und das ganze Instrument keinen grösseren Raum einnimmt, als ein Tauchnitz'sches Taschenwörterbuch. Es hat einen einzigen Linsensatz mit einem Ocular mit Vergrösserung von 230 bis 250, und wird um den Preis von 50 bis 60 Frcs verabfolgt.

Nachet et fils in Paris (rue Saint-Séverin, 17). Von Nachet sind seit Jahren eine nicht unbedeutende Anzahl von Mikroskopen, namentlich auch der kleinern Form, in Deutschland verbreitet worden. Dieselben wurden von manchen Seiten den besseren deutschen Instrumenten stets gleich oder gar über dieselben gestellt. Namentlich fanden die während der 34. Naturforscherversammlung in Wien im Herbste 1856 ausgestellten Modelle grosse Anerkennung, wobei indessen zugleich constatirt wurde, dass der optische Apparat dem der besseren deutschen Mikroskope nicht überlegen sei.

Das neue grosse Stativ (Fig. 125) hat einen hufeisenförmigen Fuss, von dem aus sich die beiden senkrechten Säulen erheben, auf denen mittelst der horizontalen Achse der ganze Körper ruht, so dass das Mikroskop von der senkrechten bis zur horizontalen in jede beliebige Richtung gebracht werden kann und fest stehen bleibt. Der grosse, mit einer schwarzen Glastafel bedeckte Objecttisch ist um seine Achse drehbar und ausserdem ist noch ein besonderer Tisch beigefügt, der die geradlinige Bewegung des Gegenstandes in verschiedenen Richtungen gestattet. Die Einstellungsvorrichtungen sind die ähnlichen, wie bei den grossen englischen Stativen. Die grobe Einstellung wird mittelst eines an der Tubus-

säule befindlichen, in ein vierkantiges Gehäuse eingeschlossenen Triebes, die feine mittelst einer Mikrometerschraube ausgeführt, welche in der Mitte des Rohres befindlich die Hebung und Senkung einer inneren Röhre bewirkt, an deren unterem Ende die Objectivsysteme angeschraubt werden. Der Spiegel ist mittelst eines gegliederten Armes nach vorn aus der Achse beweglich, und die versenkbaren Cylinderblenden können mittelst Schlittens gewechselt werden. Als weiteres Unterstützungsmittel für die Beleuchtung dient der Condensor. Dieser ist sowohl in horizontaler, als in senkrechter Richtung beweglich und mit Diaphragmen zur Abhaltung der Achsen- oder der Randstrahlen versehen, so dass eine möglichst vielseitige Beleuchtungsweise in Anwendung kommen kann.


Fig. 125.


Neues grosses Stativ von Nachet.

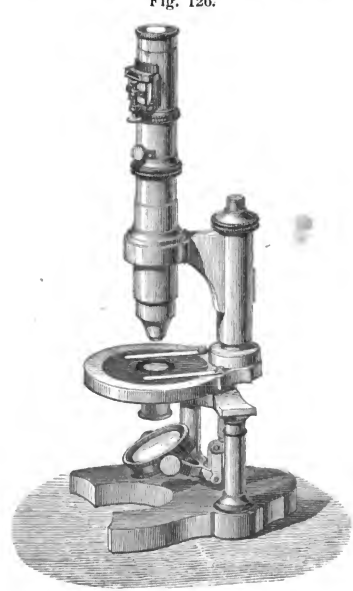
Zu diesem Stative gibt Nachet die Objectivsysteme 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 und 7, wovon Nr. 3 bis 7 mit Verbesserungseinrichtung, ferner drei Oculare mit solcher Einrichtung, dass man ohne Verschraubung der Linsen ein Ocularmikrometer einlegen und dasselbe in die passende Entfernung vom Auge bringen kann. Weiter kommen noch als Nebenapparate hinzu: ein Goniometer, ein Polarisationsapparat, ein Quetscher, ein Amici'sches Prisma, eine grosse Beleuchtungslinse auf eigenem Fuss, ein Object-Glasmikrometer, eine Sammlung von Dissectionsinstrumenten etc. Der Preis beträgt 1300 Franken und, kommt das Correctionssystem Nr. 8 hinzu, 1500 Franken.

Ein ähnliches Mikroskop zum Umlegen, mit etwas vereinfachter Einrichtung, mit grober Einstellung durch Tubusverschiebung, mit den gewöhnlichen Objectivsystemen 0, 1, 2, 3, 5 und 7, drei Ocularen, Ocular-

und Objectglasmikrometer, Zeichnungsapparat, Beleuchtungslinse u. s. w. kostet 660 Franken.

Das grosse aufrechte Stativ (Fig. 126) besitzt im Wesentlichen dieselbe Einrichtung, wie das eben beschriebene, und unterscheidet sich nur durch die Blendungsvorrichtung, welche, statt des Schlittens mit Hebel, aus einer unter dem Objecttisch drehbaren Platte besteht, welche in einer Hülse die senkrecht verschiebbaren Cylinderblenden aufnimmt. Es bietet dieses somit alle Vortheile der grossen Stative und kostet mit den Objectivsystemen 1, 2, 3, 5, 7, drei Ocularen u. s. w. 500 Franken.

Fig. 126.



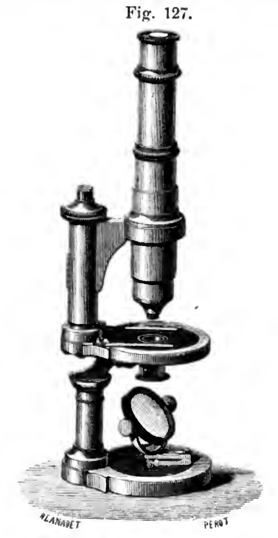
Nachet's grosses aufrechtes Stativ.

Das mittlere Mikroskop Nr. V. des Preisverzeichnisses, Fig. 127, besitzt ein als Arbeitsmikroskop sehr bequemes und völlig ausreichendes Stativ mit drehbarem, grossem runden Tisch und einem optischen Apparat von fünf gewöhnlichen Objectivsystemen 1, 2, 3, 5, 7, drei Ocularen und einem Ocularglasmikrometer. Der Preis stellt sich auf 380 Franken. Ein ähnliches Instrument zum Umlegen kostet 420 Frnk.

Von kleineren Mikroskopen führt Nachet verschiedene, von denen ich namentlich das unter Nr. VII. in dem Preisverzeichnisse (Fig. 128) aufgeführte hervorheben möchte (das ähnlich gebaute Mikroskop VI. zum Neigen finde ich wenig zweckmässig für den Gebrauch). Dasselbe gleicht, wie aus der nebenstehenden Figur zu ersehen ist, so ziemlich dem früher beschriebenen Mikroskope VIII. von Hartnack und unterscheidet sich nur durch den runden Fuss, auf welchem der für schiefe Beleuchtung eingerichtete Spiegel in der Weise angebracht ist, wie bei dem grossen Mikroskope von Plössl, dann durch die Blendungsvorrichtung, welche weit unvollkommener ist und aus einer drehbaren Scheibe mit drei nach unten befestigten, verschieden weiten Hohlcylindern besteht.

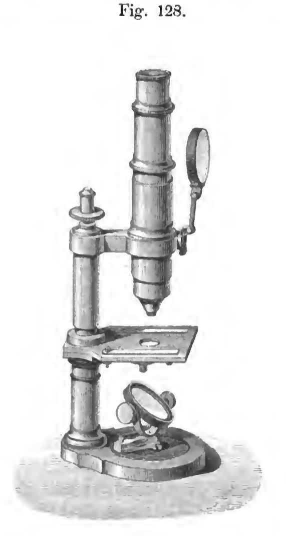
Mit den Objectivsystemen 1, 3, 5, drei Ocularen, einer kleinen Beleuchtungslinse und anderen Kleinigkeiten ausgerüstet, kostet dasselbe 165 Franken, von deutschen Commissionären Nachet's bezogen 58 Thlr.

Fig. 127.



Mittleres Mikroskop von Nachet.

Fig. 128.



Kleines Mikroskop von Nachet.

Ich habe Gelegenheit gehabt, mehrere Nachet'sche Mikroskope, darunter einige kleine und ein grosses zu 660 Fr., kennen zu lernen und zum Theil näher zu prüfen.

Die mechanische Arbeit an den Nachet'schen Instrumenten verdient alles Lob, namentlich ist sein grösstes Stativ ein wahres Muster prächtigen Baues. Zum Arbeiten ziehe ich ihm indessen das grosse und mittlere Hufeisenstativ Hartnack's u. A. und das Kellner'sche Stativ vor. Von den Objectivsystemen habe ich nur die Nummern 1, 3, 5 und 7 der gewöhnlichen Form, d. h. ohne Verbesserungseinrichtung untersucht. Leider war es mir bisher nicht vergönnt, eines oder das andere der Systeme mit Verbesserungseinrichtung, oder der in neuester Zeit auch zum Eintauchen construirten Systeme zu sehen und zu prüfen. Ich weiss aber aus mündlicher Mittheilung von Kennern des Mikroskopes, auf deren Urtheil ich mich positiv verlassen kann, dass die nicht zum Eintauchen eingerichteten Correctionssysteme 7 und 8 an Gesammtleistungsfähigkeit die Objectivsysteme 9 und 10 von Hartnack nicht erreichen und wegen des

sehr kleinen Abstandes und der geringeren Lichtstärke weniger bequem und vortheilhaft zu gebrauchen sind, wie diese.

System 1 mit einer Brennweite von 12^{mm} löst bei einer mit dem zweiten Ocular erhaltenen 130- bis 140fachen Vergrösserung die dritte Gruppe der Nobert'schen Probeplatte auf und gewährt ein scharfes und farbenfreies Bild von organischen Objecten.

System 3 mit einer Brennweite von $4{,}8^{mm}$ löst mit Ocular II. bei einer etwas über 400fachen Vergrösserung die siebente Gruppe, weniger deutlich die achte, und gewährt von organischen Gegenständen gleichfalls ein scharfes, aber nicht ganz farbloses Bild. Ausserdem besitzt es einen verhältnissmässig kleinen Abstand und eine nicht ausreichende Lichtstärke.

System 5 mit einer Brennweite von $2{,}5^{mm}$ löst bei einer etwa 550-fachen Vergrösserung die neunte, weniger deutlich auch die zehnte Gruppe der Nobert'schen Platte. Die Bilder organischer Objecte sind scharf, aber nicht ganz so rein gezeichnet, wie bei den entsprechenden Systemen Belthle's, Hartnack's und Zeiss'.

System 7 mit einer Brennweite von $1{,}6^{mm}$ löst bei etwas über 900-facher Vergrösserung noch die 11. Gruppe der Nobert'schen Platte. Von den Bildern organischer Objecte gilt dasselbe, was bei System 5 gesagt wurde *).

Diese beiden stärkeren Systeme haben einen sehr geringen Abstand und besitzen eine nicht bedeutende Lichtstärke, so dass die Bilder bei Anwendung von stärkeren Ocularen nur noch wenig erhellt sind. Im Ganzen werden sonach die Nachet'schen Objectivsysteme dieser Art von den entsprechenden Systemen Belthle's, Hartnack's und Zeiss' übertroffen, sowohl was ihre Gesammtleistungsfähigkeit als was ihre practische Brauchbarkeit betrifft, welche namentlich durch die geringere Lichtstärke etwas beeinträchtigt wird.

Die untersuchten Objectivsysteme sind indess schon vor etwa sechs Jahren construirt und ist es wohl möglich, dass Nachet unterdessen weitere Fortschritte gemacht hat **).

Die Preise der Objectivsysteme, wobei unter *a* die trocken zu gebrauchenden, unter *b* die zum Eintauchen bestimmten gewöhnlichen, unter *c* und *d* die entsprechenden Systeme mit Verbesserungseinrichtung aufgeführt stehen, sind folgende:

---

*) Die Brennweite der beschriebenen Systeme ist Harting entnommen, da ich nicht Gelegenheit hatte, sie selbst zu bestimmen.

**) Nach einer Mittheilung von Hrn. Prof. Hofmeister in Heidelberg soll Nachet in neuester Zeit bedeutende Fortschritte gemacht haben. Namentlich soll sich sein stärkstes System dadurch auszeichnen, dass es bei einem grossen Focalabstand noch bis $\frac{1}{5}^{mm}$ dicke und dickere Deckgläser zulässt.

	a	b	c	d
Nr. 0	15 Frcs.			
„ 1	20 „			
„ 2	20 „			
„ 3	25 „		50 Frcs.	
„ 4	30 „		60 „	
„ 5	35 „	50 Frcs.	75 „	80 Frcs.
„ 6	50 „	60 „	100 „	120 „
„ 7	80 „	100 „	125 „	150 „
„ 8				200 „

Die Oculare 1, 2 und 3 werden zu je 10 Frcs. berechnet. Die Nebenapparate erhält man von Nachet, soweit mir dieselben bekannt geworden sind, in sehr schöner Ausführung und verhältnissmässig billig, z. B. ein Mikrometerocular à 15 Frcs., ein Objectmikrometer (1^{mm} = 100 Theile) à 8 Frcs., Prisma zur Bildumkehrung à 25 Frcs., Condensor für gerades Licht à 25 Frcs., für schiefes Licht à 15 Frcs., Amici's Prisma à 25 Frcs.; die Camera lucida, um auf horizontaler Fläche zu zeichnen, à 25 Frcs., ein Goniometer à 25 Frcs., Quetscher à 25 Frcs., Polarisationsapparat à 40 Frcs.

III. Schlussbemerkung.

In der vorstehenden Aufzählung einer Reihe unserer vorzüglichsten neueren Mikroskope hoffe ich dem Leser hinreichende Anhaltspunkte gegeben zu haben, die ihm bei der Auswahl eines Instrumentes dienen können. Eines weitern Rathes in dieser Beziehung kann ich mich daher enthalten. Nur Zweierlei will ich zum Schlusse nicht unberührt lassen. Erstlich möchte ich Jedem, der sich zu einem ernsteren Studium der Histiologie wendet und dieselbe etwa zu seinem Lebensberufe zu wählen entschlossen ist, empfehlen, sich von vornherein ein in mechanischer Beziehung vollendetes Instrument anzuschaffen, damit er sich nicht später zu einem Wechsel veranlasst und zu pecuniärem Verluste gezwungen sieht. Der optische Apparat, der im Anfange weniger umfangreich zu sein braucht, kann später je nach Bedürfniss vervollständigt werden. Dann warne ich Jeden vor Anschaffung der mittelst Zeitungsannoncen angepriesenen Instrumente, die durch ihren anscheinend äusserst geringen Preis etwas Verlockendes haben. Ich habe solche, selbst von Leuten, deren Beruf es. ist, die Wissenschaft und ihre Jünger zu fördern, empfohlene kleine Mikroskope geprüft und mich überzeugt, dass dieselben zu wissenschaftlichen Untersuchungen ganz unbrauchbar sind. Ebenso hüte man sich, etwa für den Schulgebrauch, vor den hie und da angepriesenen sogenannten Salon- und Schulmikroskopen, welche strengeren Anforderungen nie genügen können. Das für solche Instrumente ausgegebene Geld ist immer verloren. Wer einmal das wirkliche Bedürfniss hat, sich ein Mikroskop anzuschaffen, der wende sich nur an eine der bekannten und bewährten Firmen, wenn ihm nicht ein praktischer Mikroskopiker rathend zur Seite steht.

FÜNFTER ABSCHNITT.

MIKROSKOPE ZU BESONDEREN ZWECKEN.

Zu den Mikroskopen, welche nicht sowohl der wissenschaftlichen Forschung im Allgemeinen, als nur einzelnen Zwecken, namentlich auch denen des Unterrichtes, dienen, gehören: das sogenannte multoculare, stereoskopische, bildumkehrende, umgekehrte (chemische), photographische Mikroskop, das Bild- (Sonnen- und Hydrooxygengasmikroskop) und das Polarisationsmikroskop.

Obwohl allen diesen Instrumenten überall eine nur sehr begrenzte Verwendbarkeit, selbst zu Zwecken der Demonstration, eigen ist, dürfen wir dieselben hier doch nicht ganz übergehen und wollen ihnen eine kurze Betrachtung widmen.

Multoculares und stereoskopisches Mikroskop. — Die multocularen sowie die stereoskopischen Mikroskope beruhen im Grunde alle auf dem Principe der Theilung der von dem Objectivsysteme ausfahrenden Strahlenbündel in zwei oder mehrere Theile, von welchen jeder einzelne durch eine gesonderte Röhre einem anderen Oculare zugeführt und wodurch das mikroskopische Bild in entsprechender Weise vervielfältigt wird.

Die Spaltung der objectiven Strahlenbündel kann nun aber auf doppeltem Wege erreicht werden, entweder mittelst der, durch die Brechung in Prismen veranlassten, Ablenkung nach verschiedenen Seiten, oder durch die, an den Grenzwänden von entsprechend gestalteten Prismen erfolgende, vollständige Zurückwerfung.

Das letztere Mittel ist das am längsten angewendete, und zwar war es der nordamerikanische Gelehrte, Professor Riddell, welcher zuerst mit Erfolg diesen Weg betrat. Nach ihm wurden manche Verbesserungen der ursprünglichen Einrichtung vorgenommen, von denen wir übrigens nur einige kurz erwähnen wollen.

Nach der Methode Riddell's werden entweder vier rechtwinklige Prismen *abh*, *cdeklm* und *ifg* (Fig. 129), oder zwei rautenförmige *abcd* und *efgl* (Fig. 130) oder endlich zwei rechtwinklige Prismen (Fig. 131) in entsprechender Weise mit einander verbunden, um die beabsichtigte Theilung der Strahlenbündel zu erreichen. In welcher Weise hierbei der gewünschte Erfolg erzielt wird, geht unmittelbar aus der Betrachtung der Fig. 132 hervor und bedarf keiner weiteren Erläuterung. Ebenso leuchtet ein, dass in den beiden ersten Fällen die Richtung in den Theilen der Strahlenbündel mit der ursprünglichen Richtung gleichlaufend ist, während im letzteren Falle die Theilbündel divergirend austreten.

Fig. 129.

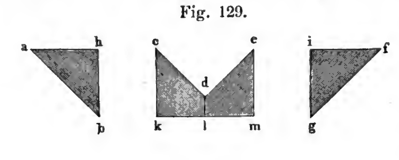


Fig. 130.

Fig. 131.

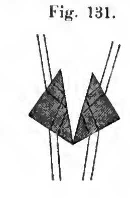
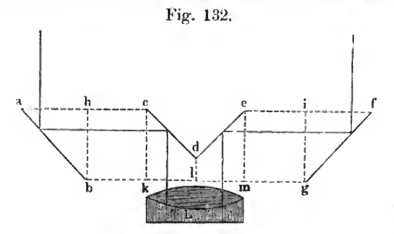
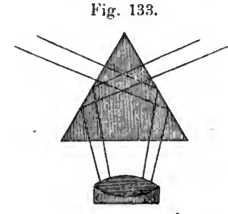


Fig. 132.



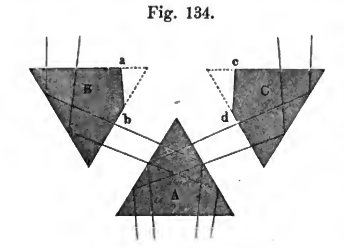
Nachet hat die Einrichtung für die Spaltung der Strahlenbündel insofern sehr vereinfacht, als er nur ein einziges gleichseitiges Prisma (Fig. 133) anwendet. Die beiden neuen Strahlenbündel sind aber in diesem Falle immer sehr stark divergirend und es bedürfen die entsprechenden Röhren des Mikroskopkörpers einer stark geneigten Stellung. Will man diese vermeiden, so kann es leicht dadurch geschehen, dass man zu beiden Seiten des ersten Prismas *A* (Fig. 134) auf dem

Fig. 133.



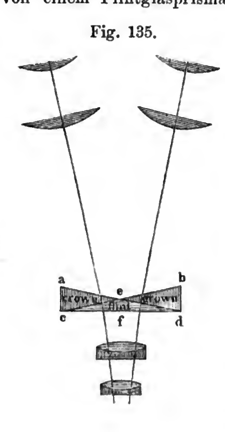
Wege der beiden Strahlenbündel zwei weitere Prismen *B* und *C* anbringt, welche diesen die gewünschte Richtung ertheilen. Werden die beiden letzten Prismen so angeordnet, dass ihre Reflexionsebene mit jener des ersten Prismas einen Winkel von 90° bildet, dann wird zugleich eine vollständige Umkehrung des mikroskopischen Bildes bewirkt, so dass dieses nun in seiner Lage vollkommen dem Objecte entspricht.

Fig. 134.



Die Theilung der Strahlenbündel mittelst der durch Brechung hervorgerufenen Ablenkung wurde zuerst und unabhängig von den Bestrebungen Riddell's von Wenham versucht. Derselbe verwendete hierzu eine Verbindung von einem Flintglasprisma mit zwei Kronglasprismen in der aus der Fig. 135 ersichtlichen Weise. Hierdurch wurde erreicht, dass neben der erzielten Vervielfältigung des Bildes zugleich der Achromatismus der neuen Bilder bewahrt blieb. Da mittelst dieses letzteren Verfahrens die neuen Strahlenbündel nur zu einer verhältnissmässig geringen Divergenz gebracht werden können, welche einerseits von dem brechenden Winkel der Prismen, andererseits von dem Brechungsindex der benutzten Glassorten abhängt, so eignet sich dieselbe mehr für die stereoskopischen, als für die multocularen Mikroskope.

Fig. 135.



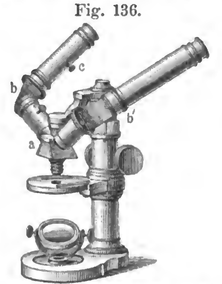
Soll das ursprüngliche Strahlenbündel in mehr als zwei, etwa in drei oder vier neue Strahlenbündel zerlegt werden, so wird eine dem entsprechende Vervielfältigung der spiegelnden oder brechenden Flächen verlangt, was sich, wie die von Nachet angefertigten tri- und quadriocularen Mikroskope beweisen, in gewissem Maasse immer ausführen lässt.

Ueber die mechanische Einrichtung der zur Beobachtung von Seiten mehrerer Personen bestimmten multocularen Mikroskope will ich mich hier um so weniger verbreiten, als sie nach dem Vorausgehenden und mittelst der beigegebenen Abbildungen derartiger Instrumente von Nachet leicht erschlossen werden kann. Es bleibt nur zu erwähnen, dass die Oculare in der Mikroskopröhre in irgend einer Weise verschiebbar

sein müssen, um für jeden der einzelnen Beobachter eine genaue Einstellung des Bildes zu ermöglichen.

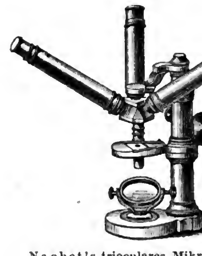
Das binoculare (Fig. 136) und ebenso das trioculare (Fig. 137) Mikroskop von Nachet werden, mit den Objectivsystemen Nro. 0, 1 und

Fig. 136.



Nachet's binoculares Mikroskop.

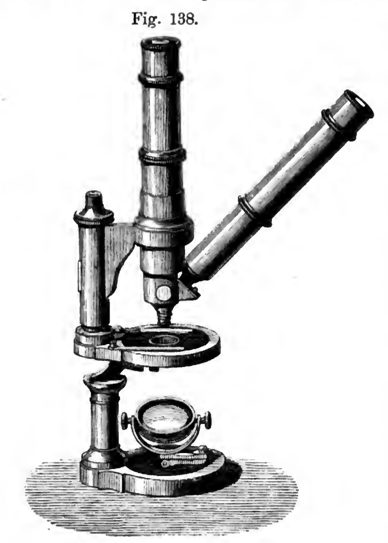
Fig. 137.



Nachet's trioculares Mikroskop.

3 ausgerüstet, zu 300 Franken (80 Thlr.) berechnet. Ausserdem liefert Nachet noch einen sogenannten binocularen Apparat, welcher an dem gewöhnlichen Mikroskope angebracht und wodurch dieses in ein binoculares umgewandelt werden kann. Die gewöhnliche Röhre muss hierbei entfernt und durch eine andere ersetzt werden (Fig. 138), mit welcher eine zweite fest verbunden werden kann, die mit ihrem unteren Ende in das Kästchen mit den Prismen eingesetzt ist. Diese Vorrichtung wird mit 80 Franken ($21^1/_3$ Thlr.) berechnet.

Fig. 138.



Binocularer Apparat von Nachet.

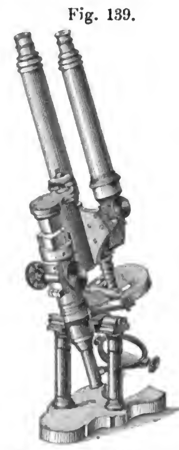
Die multocularen Mikroskope stehen den gewöhnlichen Mikroskopen in Bezug auf ihre Leistungsfähigkeit natürlich bedeutend nach. Erstlich geht, wie leicht einzusehen, durch die Vervielfältigung der brechenden Mittel, sowie

durch die Theilung der das Luftbild construirenden Strahlenbündel eine grosse Menge von Licht verloren, so dass nur verhältnissmässig schwache Objectivsysteme zur Beobachtung verwendet werden können. Dann aber leidet, wie ich mich durch eigene Beobachtung zu überzeugen Gelegenheit gehabt habe, das Bild bedeutend an Schärfe und Reinheit.

Als Demonstrationsinstrument ist übrigens der Werth dieser Art von Mikroskopen vielfach überschätzt worden. Für den Unterricht in der Histiologie, und dieser wird bei den mikroskopischen Demonstrationen immer den verhältnissmässig grössten Umfang einnehmen, sind dieselben ziemlich werthlos. Nur für die Erzielung von Uebersichtsansichten ganzer Gewebmassen und für manche morphologische Entwickelungszustände mögen dieselben von einigem Werthe sein.

Das stereoskopische Mikroskop habe ich in der von Nachet gefertigten Form bei Herrn Professor Pflüger in Bonn kennen zu lernen Gelegenheit gehabt. Ich könnte aber nicht sagen, dass dessen Wirkung mir von besonderem Werthe erschienen. Auch Herr Prof. Pflüger selbst hatte sich zur Zeit von den gerühmten Wirkungen noch nicht überzeugen können. Von anderer Seite scheint man dagegen für die Entwickelungsgeschichte des thierischen Embryo u. s. w. einigen Werth auf die Erzeugung körperlicher Bilder zu legen. Auch für die Entwickelungsgeschichte in der Morphologie der Gewächse dürfte das Instrument vielleicht nicht ohne Bedeutung sein. Weitere Erfahrungen werden uns erst die richtigen Grundlagen zur genügenden Beurtheilung des mehr oder minder hohen Werthes des stereoskopischen Mikroskopes zu gewähren im Stande sein.

Fig. 139.



Nachet's stereoskopisches Mikroskop.

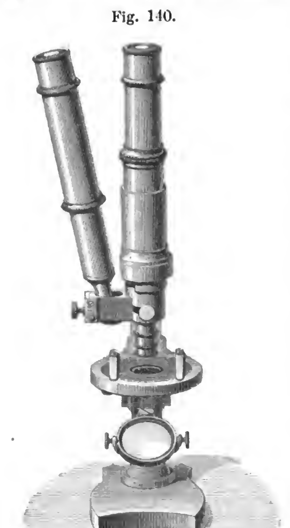
Von Nachet wird das stereoskopische Mikroskop (Fig. 139), welches, wie das binoculare, nur schwächere Objectivsysteme verträgt, mit den Systemen Nro. 0, 1 und 3 u. s. w. ausgerüstet, um den Preis von 400 Frcs. (106 bis 107 Thlr.) geliefert. Andere unserer continentalen Optiker fertigen dasselbe, soweit meine Erfahrungen reichen, nicht.

Nachet liefert auch eine Einrichtung zur Umwandlung des gewöhnlichen Mikroskopes in ein stereoskopisches. Dieselbe ist der oben (S. 197) beschriebenen ähnlich (Fig. 140) und wird mit 150 Frcs. (40 Thlr.) berechnet.

Bildmikroskop. — Das Bildmikroskop (Sonnen- und Hydrooxygengasmikroskop) ist hier und da zur Demonstration empfohlen worden. Indessen hat sich herausgestellt, dass die Erwartungen, welche man in dieser Beziehung von dem Instrumente hegte, dessen Anwendung ausserdem eine beschränkte

(Sonnenmikroskop), oder mit mancherlei zeitraubenden und nicht gerade angenehmen Vorbereitungen (Gasmikroskop) verbunden ist, keineswegs erfüllt wurden. Dasselbe mag sich für manche Objecte, kleine Thierchen u. a., ganz gut zur Demonstration eignen, so lange dieselben keiner irgend erheblichen Vergrösserung bedürfen, um genau in ihren Einzelheiten erkannt zu werden. Sobald es aber gilt, feinere Verhältnisse solcher Organismen zur Anschauung zu bringen, hat die Sache ihr Ende erreicht und ist auch die colossalste Vergrösserung nicht mehr im Stande, die mangelnde Schärfe und Klarheit des Bildes nur einigermaassen zu ersetzen. Für Demonstrationen in der Gewebelehre der Pflanzen und Thiere ist das Sonnenmikroskop und noch mehr das Gasmikroskop fast vollkommen unbrauchbar, und selbst gröbere Injectionspräparate verlieren die nothwendige Schärfe. Wo es daher die Anzahl der Zuhörer nicht gestattet, in öffentlichen Vorträgen das Vorgetragene an dem zusammengesetzten Mikroskope sofort zu zeigen, was ausserdem die grosse Unannehmlichkeit fortwährender Unterbrechung hat, da helfe man sich durch entsprechend vergrösserte, getreue Abbildungen mikroskopischer Präparate für den fortlaufenden Vortrag und verlege die eigentliche, nun ausserdem dem Zuhörer besser verständliche Demonstration auf besonders angesetzte Stunden. Der Zuhörer wird dann immer weit mehr Gewinn aus dem Unterricht ziehen, als wenn man dem letzteren durch unzureichende Apparate anscheinend noch so viel Glanz verleiht.

Fig. 140.



Nachet's stereoskopischer Apparat.

Beim Bildmikroskope wird das von dem Objectivsysteme entworfene Bild auf einem weissen oder durchsichtigen Schirme aufgefangen, der in einem dunklen Raume, z. B. in einem durch Läden verschlossenen Zimmer, in einer bedeutenden, 10 bis 20 Fuss betragenden Entfernung hinter dem ersteren aufgestellt wird. Die Beleuchtung des Gegenstandes geschieht entweder mittelst des Sonnenlichtes oder mittelst künstlichen (Drummond'schen Kalk- oder elektrischen) Lichtes. Im ersteren Falle befindet sich vor einem der schliessenden Läden ein ebener, an horizontaler Achse drehbarer und in verschiedenen Winkeln neigbarer Spiegel,

welcher die Sonnenstrahlen durch eine Oeffnung im Laden nach der Beleuchtungslinse reflectirt. Von dieser letzteren aus gelangt der Lichtkegel durch eine geschwärzte Röhre oder ein Röhrensystem auf den mittelst einer passenden Vorrichtung (Objecttisch etc.) festgehaltenen Gegenstand, von welchem das Objectiv das Bild zu entwerfen hat. Dieses letztere besteht entweder aus einer einfachen achromatischen Doppellinse oder aus einem Doublet, oder es bildet ein vollkommenes Objectivsystem, wie es bei dem zusammengesetzten Mikroskope in Anwendung ist.

Was die mechanische Einrichtung betrifft, so hat diese vorzugsweise die Regulirung des Beleuchtungsapparates zu übernehmen, dann die Einstellung des Objectes zu vermitteln und den Ausschluss alles unnöthigen Lichtes zu gestatten. Auf eine nähere Beschreibung dieser Einrichtungen glaube ich um so eher verzichten zu dürfen, als eben das Bildmikroskop für den praktischen Mikroskopiker von keiner erheblichen Bedeutung ist.

Die Vergrösserung, welche bei dem Bildmikroskope bis ins Ungeheuerliche gesteigert werden kann, hängt von den Entfernungen ab, welche einerseits der Gegenstand, andererseits der Schirm von dem Objectivsysteme haben. Man erhält dieselbe, wenn man mit ersterer in letztere dividirt; sie kann aber auch mittelst eines Glasmikrometers von bedeutender Theilung direct gemessen werden.

Fig. 141.



Hartnack's Präparirmikroskop.

Bildumkehrendes Mikroskop. — Das bildumkehrende Mikroskop dient einzig und allein den Zwecken der Herrichtung mikroskopischer Objecte und soll das einfache Mikroskop ersetzen, das bei längerem Gebrauch immer das Auge etwas anstrengt.

Unter den mir bekannten Optikern sind es vorzugsweise Plössl, Hartnack und Nachet, welche derartige Mikroskope anfertigen.

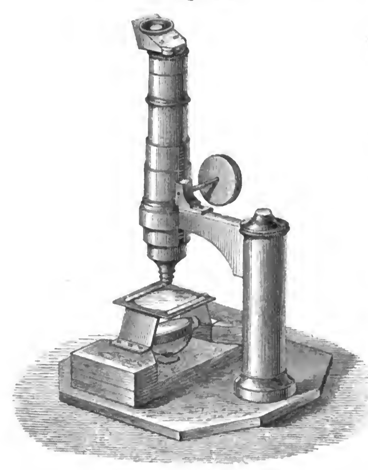
Wie wir später sehen werden, ist es leicht möglich, ein jedes zusammengesetzte Mikroskop durch Anwendung eines bildumkehrenden Oculares oder Prismas in ein Präparirmikroskop umzuwandeln, und kann ich daher hier kurz über diese Art von Instrumenten weggehen.

Das sogenannte Microscope à dissection von Hartnack (Fig. 141) hat einen trommelartigen Fuss mit drehbarem Objecttische von hinreichender Grösse. Bei diesem Instrumente

beruht die Bildumkehrung darauf, dass als Ocular ein vollständiges zusammengesetztes Mikroskop benutzt wird, welches in einem Rohre angebracht ist, das innerhalb des äusseren, das eigentliche Objectivsystem tragenden Rohres mittelst eines Triebes bewegt werden kann. Es wird auf diese Weise, ohne Wechsel von Ocular oder Objectiv, ein ziemlich weiter Spielraum in der Vergrösserung erzielt, indem der Abstand zwischen dem vorderen und hinteren Objectivsysteme geändert wird. Das in dem neuesten Preiscourante Hartnack's aufgeführte Dissectionsmikroskop gestattet eine 10- bis 100malige Vergrösserung mit hinreichendem Abstande und wird zu etwa 66 Thlr. berechnet.

Nachet, welcher schon vor langen Jahren Dissectionsmikroskope fertigte, bei denen zwei Prismen, das eine über dem Objective, das andere über dem Oculare, die Bildumkehrung bewirkten, hat in seinem neuesten Preiscourante wieder ein solches unter dem Namen Microscope de dissection pour laboratoire aufgeführt. Dieses Instrument (Fig. 142) ruht mit seiner den Körper tragenden Säule auf einem breiten, feststehenden viereckigen Fusse. Zur Präparation undurchsichtiger Objecte kann man eine beliebige Unterlage benutzen. Für durchsichtige Gegenstände ist dagegen ein sammt dem Spiegel auf einem Holzfusse ruhender, frei beweglicher, aus einer umrahmten Glastafel bestehender Objecttisch beigegeben, der für alle Manipulationen vollkommen ausreichenden Raum gewährt. Die Bildumkehrung wird durch das in einem späteren Abschnitte beschriebene, verbesserte bildumkehrende Prisma bewirkt, und es gewährt das Instrument eine 8- bis 70fache Vergrösserung, welche erforderlichen Falls ohne zu grosse Nachtheile noch auf 120- bis 130 mal gesteigert werden kann. Ich habe selbst noch nicht Gelegenheit gehabt, das Instrument zu benutzen, habe aber von sachkundigen Freunden dasselbe sehr rühmen hören.

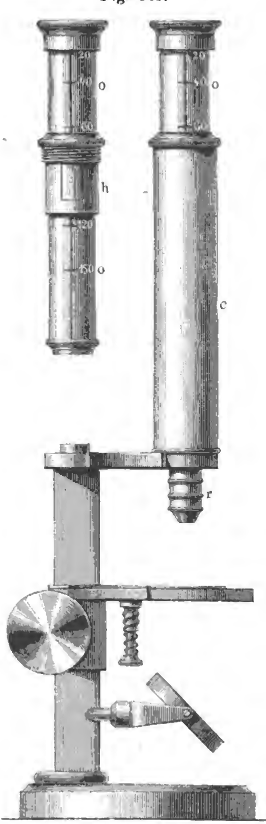

Fig. 142.


Nachet's Präparirmikroskop.

In dem Präparirmikroskope von Plössl wird die Bildumkehrung durch ein dem Oculare des terrestrischen Fernrohres nachgebildetes Ocular (Fig. 143 links *o* bis *o*) hervorgebracht. Dieses ist ausziehbar, so dass

es dem aus drei achromatischen Objectivlinsen gebildeten Objectivsysteme (r) mehr genähert oder von demselben weiter entfernt werden kann. Die Vergrösserung lässt sich durch dieses Mittel von einer 20fachen bis zu einer 150fachen *) steigern, wobei indessen das obere Glas des Oculares sehr hoch über den Arbeitstisch zu stehen kommt, was etwas Unbequemes hat.

Fig. 143.



Präparirmikroskop von Plössl.

Dies Mikroskop ist in dem Plössl'schen Preiscourante unter 5 als „Neues kleines Arbeitsmikroskop" aufgeführt und zu dem Preise von 54 Fl. österr. Währung oder 36 Thlr. notirt.

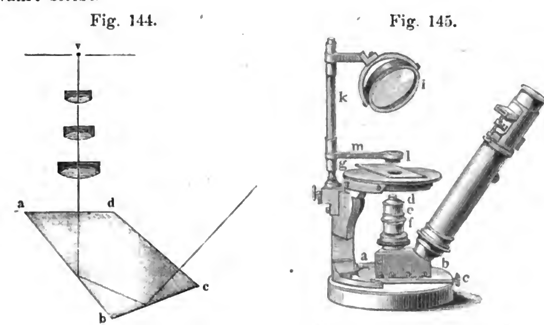
Umgekehrtes Mikroskop. — Das umgekehrte Mikroskop ist ausschliesslich für chemische Zwecke bestimmt und mag in dieser Beziehung recht gute Dienste leisten und manche Annehmlichkeit besitzen. Der Hauptvortheil, den dasselbe gewährt, bleibt der, dass es bei Anwendung von solchen Reagentien, die leicht verdunsten und deren Dämpfe schädlich auf die Objectivsysteme etc. einwirken würden, diese letzteren vor dem Verderben schützt. Wer sich viel mit derartigen, und in gewissem Maasse beschränkten, mikrochemischen Arbeiten zu beschäftigen hat, wie dies vielleicht schon für die nächste Zeit manchem Mikroskopiker in dem Gebiete der gerichtlichen Medicin in Aussicht steht, mag seinem Bedürfnisse durch die Anschaffung eines solchen Mikroskopes genügen. Für den Histiologen wird es mehr einen Luxusartikel bilden, als ein wirkliches Bedürfniss befriedigen. Erstlich wird dieser auch bei etwas gefahrvollen Reagentien durch Anwendung hinreichend grosser Deckgläschen und durch sonstige Vorsichtsmaassregeln seine Gläser u. s. w. zu schützen wissen. Dann lässt ihn das Instrument wegen der Mängel, welche durch das

*) Nach dem neuesten Preiscourante bis zu einer 240fachen.

in die Bahn der Lichtkegel eingeschobene Prisma veranlasst werden, doch bei allen sehr zarten und schwierigen Structurverhältnissen, die eine chemische Behandlung erfordern, im Stich.

Das Princip, welches beim Bau dieses Mikroskopes befolgt wird, um den von dem Objecte ausgehenden Strahlen die erforderliche Richtung zu geben, geht aus der Figur 144 hervor. Man sieht daraus, wie die Lichtstrahlen in dem Prisma *abcd* eine doppelte Zurückwerfung erleiden und dadurch in eine solche Richtung gebracht werden, dass der Kopf bei der Beobachtung eine bequeme Lage haben kann und den Händen für die verschiedenen Manipulationen auf dem Objecttische die nöthige Freiheit bewahrt bleibt.

Fig. 144. Fig. 145.



Nachet's chemisches Mikroskop.

Der Körper des Mikroskopes *b* (Fig. 145) ruht auf einem runden Fusse und kann auf einem Schlitten *a* zwischen zwei Leisten vor- und rückwärts bewegt werden. Der Objecttisch *g* ist feststehend und trägt eine zweite Platte, welche über den Tisch hinüberragt, die Objectträger aufnimmt und nöthigenfalls durch eine Spirituslampe erwärmt werden kann. Die grobe Einstellung geschieht mittelst Verschiebung einer das Objectivsystem tragenden kleinen Röhre *c*, die feine mittelst einer Schraube *f* unterhalb dieser Röhre. Zur Beleuchtung dient ein an der über dem Körper emporragenden Stange *k* beweglich befestigter Spiegel *i* und zur Modificirung der Lichtstärke eine gleichfalls verschiebbare deckelförmige Blendung *m*, *l*.

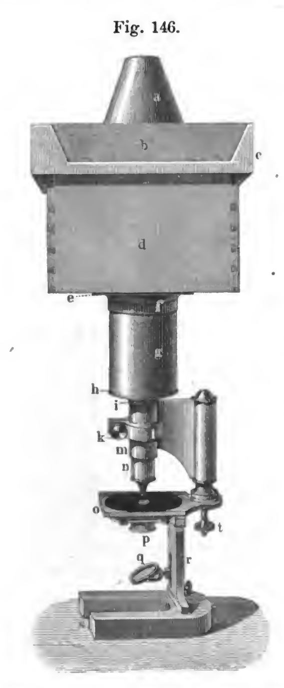
Nachet liefert dieses Mikroskop mit den Objectivsystemen Nro 0, 1, 3 und 5, mit einem Ocular, einem Ocularmikrometer, einem Goniometer und verschiedenen Nebendingen ausgerüstet um den Preis von 350 Franken ($93^1/_3$ Thlr. Court.).

Das photographische Mikroskop. — Der mikroskopischen Photographie ist in der letzten Zeit von vielen Seiten ein nicht geringer Werth beigelegt worden. Obgleich ich im Ganzen diesen Ansichten nicht

beitreten, namentlich aber der Photographie als Ersatzmittel der mikroskopischen Handzeichnung einen grossen Werth nicht einräumen kann, so zeigen doch die schönen Arbeiten von Prof. Gerlach in Erlangen, dass für einzelne Seiten der mikroskopischen Technik die Photographie nicht ohne Bedeutung bleiben wird.

In der ursprünglich von Prof. Gerlach verwendeten Gestalt bildet das photographische Mikroskop nicht einen für sich bestehenden Apparat, sondern es wird dasselbe an dem Rohre des mit hinreichend starkem Stativ versehenen Arbeitsmikroskopes angebracht. Man hat indessen von Seiten einzelner Optiker auch besonders für die photographische Aufnahme eingerichtete Instrumente gebaut. So führte schon Hartnack in seinem vorletzten Preiscourante das heliographische Mikroskop nach Bertsch auf, und es liefern Möller und Emmerich in Giessen, Belthle in Wetzlar, Franz Schmidt und Haensch in Berlin, sowie Nachet einfachere Instrumente dieser Art.

Fig. 146.



Professor Gerlach's photographischer Aufsatz an dem Hufeisenstativ von Hartnack.

Der photographische Aufsatz (Fig. 146), wie er von Prof. Gerlach angewendet wird, besteht nach der auf Seite 30 u. f. des Schriftchens „die Photographie als Hülfsmittel der mikroskopischen Forschung" gegebenen Beschreibung aus einer hölzernen Röhre *g* und einem hölzernen viereckigen Kasten *d*, der an seinem oberen Ende eine Vorrichtung *b* besitzt, welche gestattet, die lichtempfindliche Platte ohne Zutritt von Tageslicht einzusetzen. Ersterer besitzt einen Durchmesser von 72, ein Lumen von 64 Millimeter und eine Länge von je 11 bis 26 Centimeter. An dem unteren Ende derselben befindet sich ein nach Innen gerichteter hölzerner Vorsprung, welcher in der Mitte ein rundes Loch hat, dessen Durchmesser um 3 Millimeter grösser ist, als jener der Mikroskopröhre. Dieser Vorsprung ist mit einer 1 Millimeter starken messingenen Platte *h* belegt, die eine dem hölzernen Vorsprunge entsprechende centrale Oeffnung be-

sitzt. An dem Umfange dieser Oeffnung erhebt sich von der Messingplatte aus ein 1 Millimeter breiter, 8 Millimeter hoher messingener Fortsatz, der nach oben sieht und an seiner inneren Seite eine Schraubenmutter besitzt, welche mit dem Schraubengewinde eines an dem oberen Ende der Mikroskopröhre *n* angebrachten Metallringes *i* übereinstimmt. Letzterer, welcher eine Breite von 5 Millimeter und eine Höhe von 10 Millimeter hat, wird an dem oberen Ende des Mikroskoprohres, oder wo dieses, wie bei den Instrumenten von Hartnack u. A., einen Auszug besitzt, unterhalb dieses letzteren angelöthet. Er trägt an seiner Aussenseite das erwähnte Schraubengewinde, welches der Mikroskopröhre um 4 Millimeter näher liegt, als seine Breite beträgt, und dessen Höhe 8 Millimeter misst. Dadurch kann das Rohr des photographischen Aufsatzes an die Mikroskopröhre angeschraubt werden, und zwar so, dass es hinreichend fest auf dem Vorsprunge des Ringes ruht.

Das obere Ende des Holzrohres ist ebenfalls von einem Messingring *f* umgeben, der, 20 Millimeter hoch, in seiner oberen Hälfte aussen ein Schraubengewinde besitzt, um den Kasten *d* mit dem Holzrohre in feste Verbindung zu bringen.

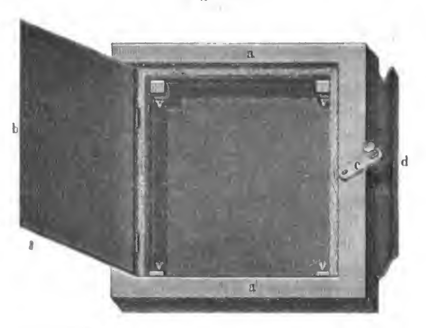
Der viereckige hölzerne Kasten besitzt eine Höhe von 140, eine Länge von 185 und eine Breite von 175 Millimeter. Die Bodenwand desselben hat eine centrale runde, 76 Millimeter im Durchmesser haltende Oeffnung. In diese ist ein an seiner inneren Seite mit einer Schraubenmutter versehener Messingring *e* eingefügt, in welchen das obere Ende des Holzrohres eingeschraubt wird. Nach Oben endigt der Kasten in einen Vorsprung *c* mit 20 Millimeter dicken Wänden, welche sich gegen das Ende hin verjüngen, so dass dadurch eine obeliskenförmige Vertiefung entsteht. In diese letztere kann dann sowohl die sogenannte Visirscheibe *b*, als auch der Holzrahmen eingesetzt werden, in welchem sich die vor Licht geschützte empfindliche Glasplatte befindet.

Die Visirscheibe besteht aus einem Holzrahmen, welcher durch zwei Charniergelenke an die eine Wand des Kastens befestigt ist, so dass er beim Einsetzen der sogenannten Cassette aufgeklappt, beim Einstellen aber zugeklappt werden kann. Der Holzrahmen wird mit durchscheinendem, sogenanntem Paus- oder Pflanzenpapier überzogen, auf welchem das Bild des aufzunehmenden Objectes erscheint, dem man durch genaue Einstellung mittelst der Mikrometerschraube des Mikroskopes den möglichsten Grad von Schärfe geben muss.

Die Cassette (Fig. 147, a. f. S.) wird von einem, dem der Visirscheibe an Grösse genau gleichen Holzrahmen gebildet, und ist bei der Anfertigung derselben vor Allem darauf zu sehen, dass die präparirte Seite der lichtempfindlichen Glasplatte genau in dieselbe Ebene zu liegen kommt, in welcher sich bei der Einstellung das durchscheinende Papier der Visirscheibe befindet. Die hintere Wand der Cassette bildet ein durch Charniergelenke mit dem Holzrahmen in Verbindung stehender Deckel *b*, der zum Einbringen der Glasplatte aufgeklappt und durch

eine Klammer *c* geschlossen erhalten wird. Die vordere Wand besteht aus dem eigentlichen Schieber *d*, welcher während der Lichtexposition aufgezogen wird, sonst aber immer eingeschoben bleibt. Zwischen Deckel und Schieber befindet sich die Glasplatte, mit der präparirten Seite gegen

Fig. 147.

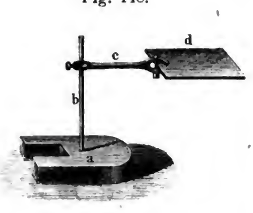


Cassette des Möller'schen photographischen Mikroskops.

den Schieber gewendet und auf vier an den Ecken des Rahmens angebrachten Vorsprüngen *v*, *v* ruhend. Die Cassette muss so gearbeitet sein, dass die präparirte Glasplatte sowohl ausser als während der Expositionszeit vollkommen gegen von Aussen kommendes Licht geschützt ist.

Um den Lichtzutritt zu dem Apparate zu regeln, dient die auf einem eigenen Stative befindliche Klappe (Fig. 148). Auf einem soliden, schweren Fusse *a* erhebt sich ein 120 bis 150 Millimeter hoher Metallstab *b*, von dem ein mittelst einer Hülse verschiebbarer, durch eine Schraube festzustellender, 60 bis 70 Millimeter langer Stab *c* in horizontaler Richtung abgeht. An dem freien Ende dieses letzteren befindet sich eine Klemmschraube, zwischen der in horizontaler Richtung ein 60 Millimeter langes, 45 Millimeter breites, leichtes, schwarzes Brettchen *d* oder dergleichen befestigt ist, welches, nach der Einstellung und bis die präparirte Glasplatte eingesetzt ist, zwischen Spiegel und Beleuchtungslinse eingeschoben den Lichtzutritt zu dem optischen Apparate verhindert.

Fig. 148.



Klappe.

Zur Verdunklung der Visirscheibe während der Einstellung gebraucht

man zunächst ein etwa 1 Meter langes, 80 Centimeter breites schwarzes Tuch von dichtem Sammet, mit welchem der Kopf des Einstellenden und der Kasten verhängt wird. Dann aber ist noch ein auf die Visirscheibe zu setzender abgestumpfter, innen geschwärzter Hohlkegel (Fig. 146, *a*) nöthig, welcher alles Seitenlicht abhält und in dessen oberem Ende zweckmässig eine Sammellinse als Lupe angebracht wird, um durch die Vergrösserung des Bildes auf der Visirscheibe eine vollkommen scharfe Einstellung möglich zu machen.

Für Aufnahmen bei sehr schwachen, 2- bis 10maligen Vergrösserungen hat Prof. Gerlach noch einen eigenen Apparat construirt und empfohlen, auf dessen Beschreibung ich hier wohl verzichten darf, da derjenige, welcher die mikroskopische Photographie im Grösseren zu betreiben sich veranlasst sieht, der kleinen, vortrefflichen Schrift Gerlach's doch nicht entrathen kann.

In neuester Zeit hat Prof. Gerlach den photographischen Aufsatz, welcher durch den vermöge seiner Schwere ausgeübten Druck auf das Mikroskop die feine Einstellung bis zur äussersten Schärfe beeinträchtigt, wesentlich abgeändert und verbessert. Derselbe ist jetzt an einem eigenen Stativ befestigt, an welchem er mittelst eines Getriebes auf- und abgeschoben werden kann, und wird mittelst einer genau anschliessenden, nur den nöthigen Raum zur leichten Bewegung lassenden Hülse über den Mikroskopkörper gestülpt. Die früheren, verschieden langen Holzröhren sind dadurch ersetzt, dass an der Camera eine Zugvorrichtung angebracht ist, welche der der Ziehharmonika gleicht, so dass man bequem bei verschiedenen Vergrösserungen aufzunehmen im Stande ist.

Der Mechaniker Gebhardt in Erlangen fertigt diesen neuen Apparat um den Preis von 16½ Thlr., Belthle in Wetzlar für 20 Thlr. und mit Beigabe von System 3 und den Ocularen I., II. und III. für 40 Thlr. an.

Von den eigens zum Zwecke photographischen Aufnahmen gebauten, sogenannten heliographischen oder photographischen Mikroskopen, welche von Franz Schmidt und Haensch in Berlin, von Nachet u. A. angefertigt werden, ist mir nur das von Möller und Emmerich in Giessen bekannt geworden, und glaube ich mich um so mehr auf die Beschreibung desselben beschränken zu dürfen, da es, soweit meine Erfahrungen reichen, seinem Zwecke vollkommen entspricht.

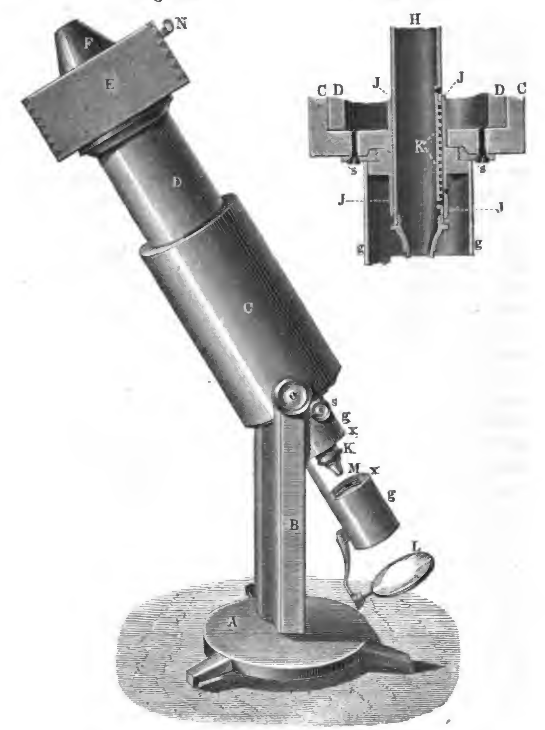
Das ganze Instrument ruht um eine horizontale Achse drehbar auf zwei dem, eine hinreichend breite Unterstützungsfläche bietenden, runden Fusse eingefügten Säulen *B*, *B* und kann somit aus der senkrechten in jede beliebig geneigte Stellung gebracht werden. Um es in solcher bei dem nicht unbedeutenden Uebergewichte des oberen Theiles feststellen zu können, dient die Schraube *S*.

Die engere, 60^{mm} weite, vorn zwischen *x*, *x* offene Röhre *gg* nimmt den mikroskopischen Apparat auf, welcher aus dem Mikroskoprohre, dem Objecttische und den Beleuchtungsvorrichtungen besteht. Die Verbin-

dung dieser Theile mit der Röhre zeigen der Durchschnitt (Fig. 150) sowie der Aufriss (Fig. 149).

Das Mikroskoprohr *H*, welches unten die Objectivsysteme aufnimmt,

Fig. 149. Fig. 150.



kann vermittelst der Zahnstange *K* (Fig. 150), und des Triebes *s* (Fig. 149) in der, durch die Verschraubung bei *xx* mit der Röhre *G* fest verbundenen Messinghülse *J*, *J* gehoben und gesenkt werden und gewährt auf diese Weise das Mittel zur vorläufigen groben Einstellung des Objectes. Die feine Einstellung wird in der schon von H. v. Mohl empfohlenen, auch bei den kleinen Mikroskopen von Belthle angewendeten Weise durch eine den oberen Theil des Objecttisches bildende federnde Platte bewirkt, welche mittelst einer conisch zulaufenden Schraube gehoben und gesenkt wird und

genügt, soweit ich mich überzeugt habe, für 300- bis 400fache Vergrösserungen vollständig zum scharfen Zustandebringen des Bildes auf der Visirscheibe. Die Beleuchtungsvorrichtung besteht aus dem in einem Nussgelenke beweglichen, an der Röhre *g* befestigten ebenen Spiegel *L*, einer an dem unteren Ende dieser Röhre eingeschraubten planconvexen Beleuchtungslinse und der mit verschieden weiten Oeffnungen versehenen, drehbaren Diaphragmenscheibe, durch welche zugleich der Abschluss des Lichtes von dem optischen Apparate vollzogen wird. Wird eine intensivere Beleuchtung oder in verschiedenen Richtungen einfallendes, d. h. paralleles, convergirendes oder divergirendes Licht gewünscht, so kann dies leicht durch die Verbindung eines an der unteren Seite des Planspiegels angebrachten Concavspiegels mit Beleuchtungslinsen von entsprechender Brennweite erzielt werden.

Mit dem das Mikroskop tragenden Rohre *G G* ist das 130^{mm} weite Rohr *C* des photographischen Aufsatzes oder der Camera vermittelst der Schrauben *s' s'* (Fig. 150) fest verbunden, und es bilden so der mikroskopische und der photographische Theil des Apparates ein untrennbares Ganze. Die Camera selbst ist so eingerichtet, dass sie zur Erzielung verschiedener Vergrösserungen verkürzt und verlängert werden kann. Sie besteht nämlich aus dem äusseren und einem zweiten inneren, im Lichten 85^{mm} weiten Rohre *D*, welches wie bei den Mikroskopröhren der Hartnack'schen und ähnlich gebauten Stative ausgezogen und eingeschoben werden kann. Zur Aufnahme der Visirscheibe und der Cassette dient der mit dem inneren Rohre fest verbundene 190^{mm} lange und ebenso breite viereckige Kasten *E* mit gefalztem Lager. Ueber die Visirscheibe wird der mit einer Lupe versehene Conus *F* gestülpt, um eine haarscharfe Einstellung zu ermöglichen.

Die Einrichtung der Visirscheibe, Cassette u. s. w. ist ganz dieselbe wie sie S. 205 bis 206 beschrieben wurde und bedarf daher keiner weiteren Erörterung.

Das Instrument wird mit den Systemen 1 und 2 und dem Oculare I. ausgerüstet, mit 36 Thaler, ohne diesen optischen Apparat aber, wenn ich nicht irre, mit 20 Thaler berechnet.

Das Polarisationsmikroskop. — Das Polarisationsmikroskop, welches für krystallographische Untersuchungen von hoher Bedeutung ist, kann dem Histiologen weniger für die Erforschung des optischen Verhaltens der Elementarorgane als jenes ganzer Gewebe dienen und ist in dieser Beziehung in neuester Zeit von Professor Valentin in Bern mit grossem Erfolge benutzt worden.

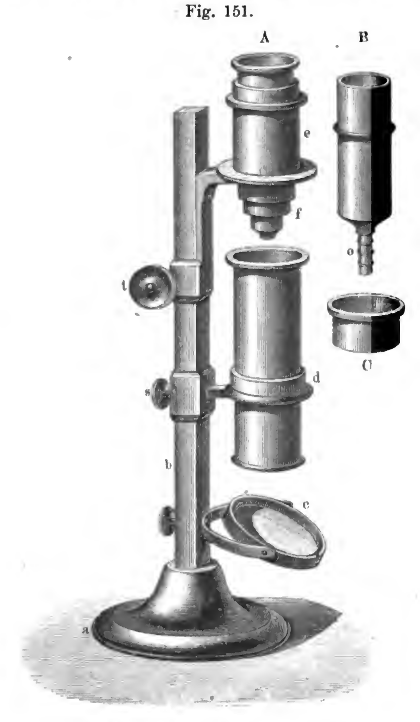
Dieses Instrument unterscheidet sich von dem gewöhnlichen Polarisationsapparate wesentlich dadurch, dass die von dem Polarisator ausgehenden Lichtstrahlen zwei Linsensätze zu durchlaufen haben, ehe sie zu dem Analysator gelangen. Von diesen Linsensätzen kommen die sogenannten Convergenzlinsen zwischen den Polarisator und das Object, die Mikroskoplinsen aber zwischen das letztere und den Analysator.

Ueber die Wirkungsweise dieser Linsensysteme kann ich mich hier nicht weiter auslassen und verweise daher denjenigen, welcher sich dafür interessirt, auf den betreffenden Aufsatz von Professor Reusch in „Amtlicher Bericht der 34. Versammlung deutscher Naturforscher und Aerzte zu Carlsruhe, Seite 160 u. f.“, sowie auf das bekannte Werk von Valentin, Seite 87 u. f.

Das erste vollständige Polarisationsmikroskop wurde 1830 von Amici gebaut und ist in Harting's „Mikroskop“, Seite 849 u. f. beschrieben. Unter den neueren derartigen Instrumenten nimmt das Nörrembergische Polarisationsmikroskop einen ersten Rang ein.

Ich habe ein solches Mikroskop neuester Construction (Fig. 151),

Fig. 151.



Nörrembergisches Polarisationsmikroskop.

welches aus der Werkstätte von J. Wilh. Albert in Frankfurt a. M. hervorgegangen ist, in Händen gehabt und mich von seiner Brauchbarkeit für die oben erwähnten Untersuchungen überzeugt, so dass ich es allen denen empfehlen kann, welche dessen bedürfen.

Das Stativ besteht aus einem grossen und schweren runden Fusse *a*, von dem sich die vierkantige Messingsäule *b* erhebt, welche den Beleuchtungsapparat, die Linsensätze und den polarisirenden Apparat aufnimmt.

Der Beleuchtungsapparat wird aus dem ebenen Spiegel *c* und einer Beleuchtungslinse gebildet, welche in den unteren Theil der an der Säule *b* verschiebbaren und mittelst der Schraube *s* festzustellenden Röhre *d* eingesetzt ist.

Ueber der Beleuchtungslinse steht der polarisirende Nicol und über diesem werden die in eine besondere Röhre gefassten Convergenzlinsen eingeschoben, auf deren vordere, mit ihrer ebenen Fläche nach oben gewendete der zu beobachtende Gegenstand aufgelegt wird.

In der mittelst des Triebes *t* an der Stativsäule höher und tiefer stellbaren und somit eine genaue Einstellung gestattenden Röhre *e* werden unten die Mikroskoplinsen *f* und oben über dem Oculare das über einem getheilten Kreisringe um seine Achse drehbare analysirende Nicol'sche Prisma eingesetzt.

Für die Beobachtung von kleinen Krystallen, Stärkekörnern u. dgl. ist dem Instrumente ein besonderes Rohr (Fig. 151 *B*) beigegeben, welches ein schwaches Objectivsystem *o* trägt und statt der Mikroskoplinsen in den unteren Theil der Röhre *e* eingeschoben werden kann. Für solche Fälle dient auch der Objecttisch *C*, welcher an die Stelle der Convergenzlinsen zu treten hat.

SECHSTER ABSCHNITT.

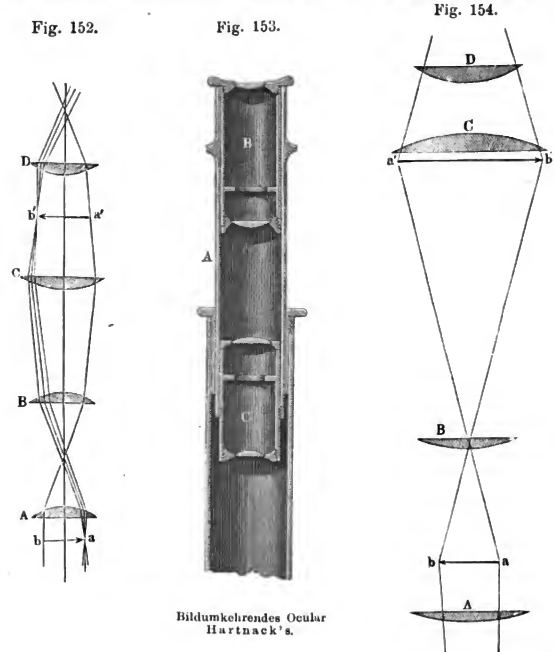
NEBENAPPARATE
UND
HILFSMITTEL ZUR MIKROSKOPISCHEN BEOBACHTUNG.

I. Optische Nebenapparate.

1. Vorrichtungen zur Bildaufrichtung.

Bildumkehrendes Ocular. — Das bildumkehrende Ocular stimmt in seinem Baue ganz genau mit dem bei dem Fernrohre angewendeten terrestrischen Ocular überein. Es besteht aus den vier Linsen *A*, *B*, *C* und *D*, welche in einer gemeinsamen Röhre derart fest mit einander verbunden sind, dass die beiden unteren Linsen ihre ebenen Flächen nach unten kehren, die beiden oberen einem negativen Oculare entsprechen. Vor der Linse *A* entsteht innerhalb deren Brennweite das von dem Objectiv entworfene reelle Bild *a b* und die nach ihrem Austritt aus der Linse etwas divergirenden Strahlen der einzelnen Strahlenbündel schneiden die optische Achse, um dann nach der zweiten Linse *B* zu gelangen, welche dieselben einander wieder mehr nähert und schwach convergent macht. Erst nachdem die von dem Bilde *a b* ausgehenden Strahlen die dritte, dem Collectiv eines gewöhnlichen Huyghens'schen Oculares entsprechende Linse *C* durchlaufen haben, vereinigen sich dieselben zu dem Bilde *a′ b′*, welches zu *a b* eine umgekehrte, mit jener des wirklichen Objectes übereinstimmende Lage hat. Durch die Linse *D* endlich wird dieses aufgerichtete reelle Bild betrachtet und wie bei dem gewöhnlichen Ocular vergrössert. Was den Ort der Blendungen betrifft, so wird die erste da angebracht, wo die durch die Linse *A* gegangenen Strahlen die optische Achse schneiden, während die zweite ihren Platz dort erhält, wo das zweite Bild *a′ b′* entsteht.

Dieses bildaufrichtende Ocular, welches mit dem sogenannten Erector der Engländer übereinstimmt, lässt sich leicht bei allen Mikroskopen anbringen, welche ein ausziehbares Rohr besitzen, und zeigt die



Bildumkehrendes Ocular Hartnack's.

Fig. 152 die Verbindung eines solchen mit einem Hartnack'schen Mikroskope. *A* ist die verschiebbare innere Röhre, welche an ihrem unteren mit einer Schraubenmutter versehenen Ende den bildumkehrenden Apparat *C* aufnimmt, während das obere Ende ein passendes negatives Ocular *B* trägt. Den Wechsel der Vergrösserungen bei ein und derselben Objectivvergrösserung erzïelt man durch Verschiebung des inneren Rohres *A*.

Will man ein etwas ausgedehnteres Gesichtsfeld erlangen, was bei Präparationen oft von grossem Vortheile ist, so kann man die Vorrichtung in der von Harting angegebenen Weise modificiren, indem man das bildaufrichtende Ocular in der in Fig 154 dargestellten Weise aus einem negativen Ocular *AB*, als unterem, und einem positiven *CD*, als oberem

Theile zusammensetzt. Das reelle Bild entsteht dann in umgekehrter Lage zwischen den beiden Linsen *A* und *B* in *a b* und wird durch den Einfluss der Linse *B* aufgerichtet vor der Linse *C* entworfen. Um bei dieser Einrichtung einen Wechsel in den Vergrösserungen zu erzielen, werden beide Oculare so gefasst, dass sie gegeneinander verschiebbar sind. Wird dann das obere Ocular von dem unteren weiter entfernt, so nimmt die Vergrösserung in entsprechendem Verhältnisse zu und es wird diese letztere verringert, wenn die Entfernung zwischen beiden Ocularen ein kleineres Maass erreicht.

Die Bilder, welche man mittelst dieser Vorrichtungen erzielt, entbehren zwar der vollen Schärfe, welche sie unter gewöhnlichen Umständen besitzen würden; allein dieser Umstand wirkt bei dem Zwecke, den man hier zu erreichen hat, kaum irgend störend ein. Nach meiner eigenen Erfahrung wenigstens lassen sich alle Präparationen unter einem derart eingerichteten zusammengesetzten Mikroskope recht gut vornehmen. Einen Vortheil, der nicht ohne Annehmlichkeit ist, hat dagegen diese Einrichtung vor anderen voraus. Man verliert nämlich nicht allein nicht an Focalabstand, sondern es wird eher noch etwas gewonnen, so dass man selbst mit 100- bis 120facher Vergrösserung arbeiten kann, ohne dass dabei die Länge des Rohres für die erforderlichen Manipulationen störend wirkt.

Bildumkehrendes Prisma. — Nachet's bildumkehrendes Prisma, welches nach einer Idee von Amici ausgeführt ist, bietet eines der vortrefflichsten Hilfsmittel zur Aufrichtung des Bildes dar. Mittelst eines unten an der Fassung angebrachten Ringes kann dasselbe leicht jedem Oculare übergestülpt und somit jedem Mikroskope angepasst werden. Ich habe mehrfach Gelegenheit gehabt, mich von der Brauchbarkeit dieser kleinen, von Nachet um 25 Franken zu erhaltenden Vorrichtung zu überzeugen, und kann sie allen denen empfehlen, welche ihr Compositum zum Präpariren bei aufrechtem Bilde benutzen wollen oder müssen. Das einzige, was bei der älteren Construction auszusetzen war, war der Umstand, dass das Gesichtsfeld nicht unbeträchtlich beschränkt wurde. In neuester Zeit hat Nachet das Prisma indessen fest mit einem Oculare verbunden (Fig. 155), wodurch dieser Uebelstand aufgehoben ist. An Schärfe und Deutlichkeit büssen die mikroskopischen Bilder gar nichts ein, so dass sie sich, mittelst des Prismas gesehen, ebenso darstellen, wie unter den gewöhnlichen Umständen.

Fig. 155.



Nachet's verbessertes bildumkehrendes Prisma.

Die Wirkungsweise dieser Vorrichtung wird sich aus dem beigegebenen Schema (Fig. 156 bis 158) leicht erkennen lassen. *MNOP* stellt den Durchschnitt des Prismas dar; *MN* ist die dem Oculare, *PO* die dem Auge des Beobachters zugewendete Fläche, welche beide unter einem

Winkel von 58° gegen einander geneigt sind, so dass sich die optische Achse um etwa 30° gegen die Senkrechte neigt und der Kopf eine bequemere Stellung annehmen kann. Stellt nun *ab* den Längendurchmesser

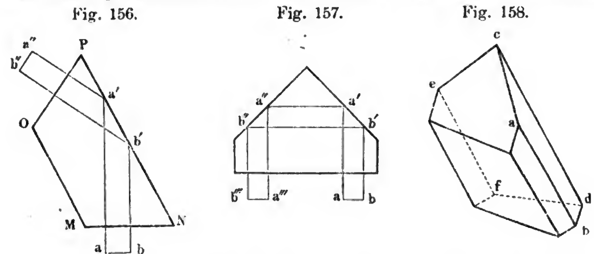


Fig. 156. Fig. 157. Fig. 158.

des mikroskopischen Bildes dar, so ist leicht ersichtlich, wie dieses durch einfache Spiegelung an den hinteren Flächen *abcd* und *cdef* (Fig. 158) nach dieser Richtung hin in eine umgekehrte Lage *a''b''* (Fig. 156) gebracht wird. Die zweite zur vollen Aufrichtung noch nothwendige Umkehrung in dem Querdurchmesser wird durch doppelte Reflexion an den beiden oben bezeichneten unter einem Winkel von $81\frac{1}{2}°$ zusammenstossenden Flächen bewirkt, indem die von *a* und *b* ausfahrenden Strahlen die Wege *a*, *a'*, *a''*, *a'''*, und *b*, *b'*, *b''*, *b'''* in Fig. 157 beschreiben.

2. Beleuchtungsapparate.

Was zunächst die Hilfsmittel zur Beleuchtung durchsichtiger Gegenstände betrifft, so wird man, wie ich oben schon erwähnt habe, bei der Vollkommenheit, in welcher gegenwärtig die optischen Haupttheile und namentlich die Objectivsysteme des Mikroskopes hergestellt werden, nur in einzelnen Fällen und bei besonderen Veranstaltungen (photographischen Aufnahmen u. dgl.) einer vollkommeneren Beleuchtung bedürfen, als sie der allseitig bewegliche, doppelte Spiegel gewährt. Und selbst dann bedarf es, wie ich mich aus eigener Anschauung und Erfahrung hinlänglich überzeugt habe, keineswegs so kostbarer und zusammengesetzter Apparate, wie sie namentlich von den englischen Mikrographen so warm empfohlen werden. Wir reichen unter allen Verhältnissen mit weit weniger kostspieligen und einfacheren Apparaten aus, und man wird es mir daher auch gern gestatten, dass ich nicht weiter auf jene complicirten Vorrichtungen eingehe und mich auf die Beschreibung der letzteren beschränke.

Wollaston's Beleuchtungslinse. — Der einfachste Lichtverstärkungsapparat besteht in der schon von Wollaston an seinem einfachen Mikroskope angebrachten, am besten achromatischen, planconvexen Beleuchtungslinse (Fig. 159 und 160, a. f. S.).

Der Durchmesser einer derartigen Linse braucht 10 bis 15 Millimeter kaum zu übersteigen und die Brennweite kann dann etwa in denselben Grenzen schwanken. An allen Mikroskopen, welche mit Cylinderblendungen versehen sind, kann diese Linse *b* leicht und ohne bedeutende Kosten angebracht und mit den entsprechenden Blendungen verbunden werden. Man lässt dieselbe in einen der federnden Hülse des Schlittens genau eingeschliffenen Messingcylinder *a* so einsetzen, dass sie mittelst einer Verschraubung nach Belieben entfernt werden kann, und erreicht auf diese Weise eine hinreichend umfängliche Beweglichkeit in senkrechter Richtung und genau in der optischen Achse. Die Blendungen zur Abhaltung der Randstrahlen sowohl als der Mittelstrahlen, welche immer am besten über der Linse (Fig. 160) angebracht werden, sind schlüsselförmig und haben einen geraden Rand, welcher über den oben etwas eingeschnittenen Rand der Fassung greift, so dass sie bei möglichst genauer Centrirung leicht gewechselt werden können. Als Blendungen erster Art genügte dieselbe Anzahl mit den gleichen Oeffnungen, wie sie oben bei den Hartnack'schen Cylinderblenden beschrieben sind. Zur Abhaltung der Mittelstrahlen reichen gleichfalls drei Blendungen vollständig aus, von denen die kleinste einen Durchmesser von 1,5 bis 2, die mittlere von etwa 3, die grösste von 5 bis 6 Millimeter besitzt.

Fig. 159.

Fig. 160.



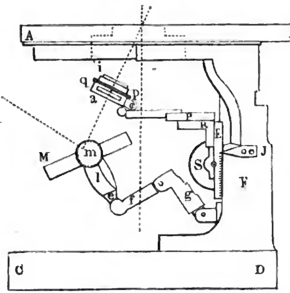
Dujardin's Beleuchtungsapparat. — Der Dujardin'sche Beleuchtungsapparat, welcher von Hartnack für $13^1/_3$ Thlr. geliefert wird, ist von der oben beschriebenen Einrichtnng nicht wesentlich verschieden, indem bei demselben nur die planconvexe Linse durch ein achromatisches Objectivsystem ersetzt ist. Dagegen fehlt ihm, in der Gestalt, wie er mir bekannt ist, die vollkommene Blendungsvorrichtung, indem nur eine die Randstrahlen abhaltende Blendung unterhalb des Objectivsystems angebracht ist, während eine zweite Blendung vor dem das Licht reflectirenden Planspiegel oder dem von Dujardin empfohlenen Prisma aufgestellt wird.

Harting's Beleuchtungsapparat. — Wer weitere Ansprüche an seinen Beleuchtungsapparat macht, als der beschriebene zu erfüllen im Stande ist, wer namentlich auch schiefes Licht von verschiedenen Concentrationsgraden anzuwenden wünscht, der wird dieselben durch die von Harting (Mikroskop S. 842 u. f.) empfohlene Vorrichtung (Fig. 161 und 163) befriedigt finden. Dieser Apparat kann leicht an allen Stativen angebracht werden, welche dem Hufeisenstative von Hartnack nachgebildet sind oder wie die grossen Belthle'schen Mikroskope

einen selbständigen Spiegelträger besitzen und bei denen zwischen dem Objecttische und dem Fusse hinreichender Raum vorhanden ist.

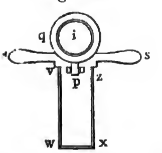
Die Beleuchtungslinse (*i*, Fig. 161 und 162) oder statt deren ein passendes Linsensystem wird von einem Ringe (*q*, Fig. 161 und 162;

Fig. 161.



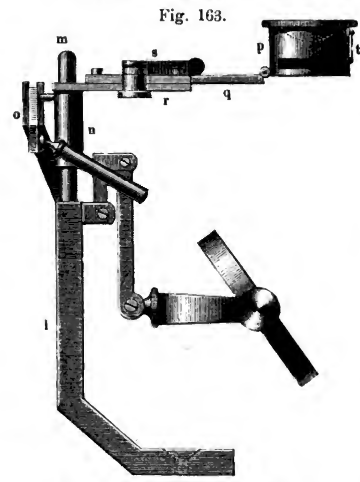
Harting's Beleuchtungsapparat.

Fig. 162.



p, Fig. 163) aufgenommen, der an einem Charnier beweglich aus der horizontalen Lage in eine beliebige schiefe Lage gebracht werden kann. Der mit dem Ring verbundene Schieber (*vwxz*, Fig. 162, *q*, Fig. 163) hat schief abgeschnittene Ränder und lässt sich auf der Platte *r* entweder mittelst der beiden Arme *ss* (Fig. 162) oder mittelst des horizontal beweglichen Hebels *s* (Fig. 163) vor- und rückwärts schieben, also in die optische Achse oder ausserhalb derselben bringen. Mittelst dieser Einrichtung lässt sich sonach centrische sowohl als schiefe Beleuchtung (Fig. 161) erzielen. In der unteren Hälfte des Ringes befindet sich ein rechteckiger Ausschnitt, welcher zum Einschieben der Blendungsvorrichtung bestimmt ist. Diese (Fig. 164) besteht aus einer rechteckigen Platte, welche die vier Blendungen zur Abhaltung der Randstrahlen von 1,5; 2,5; 3,5 und 4,5 Millimeter Durch-

Fig. 163.



Harting's Beleuchtungsapparat von Belthle.

Fig. 164.



messer und einen rechteckigen Rahmen enthält: Letzterem ist eine Glastafel eingekittet mit drei zur Abhaltung der Mittelstrahlen bestimmten Blendungen, die von eben so vielen geschwärzten Stanniolscheibchen von 1,5, 3 und 4,5 Millimeter Durchmesser gebildet werden. Um die beiderlei Blendungen genau in die optische Achse bringen zu können, besitzt die Diaphragmenplatte entweder an der Vorderseite in entsprechenden Entfernungen befindliche Vertiefungen, in welche der an der Feder (Fig. 163) befestigte Stift einspringt, oder sind der Oberseite mit Nummern bezeichnete Striche eingravirt, welche mit dem Rande des Objecttisches zusammentreffen, wenn sich die entsprechende Blendung in der Achse befindet.

Zur senkrechten Bewegung der Beleuchtungslinse, wodurch sie dem Spiegel genähert oder von demselben entfernt werden kann, dient eine Trieb- (Harting, Fig. 160 *S*) oder eine Hebelvorrichtung (Belthle, Fig. 163 *o*), vermittelst welcher der, entweder zwischen dem bekannten Einschnitte des Hufeisenstatives oder auf den beiden, dem Spiegelträger *l* eingesetzten Säulen *m* gleitende Plattenträger *n*, *r* gehoben und gesenkt wird.

Eine zur Seite angebrachte Skala nebst Zeiger kann dazu dienen, um den für eine bestimmte Lichtconcentration oder einen bestimmten Lichteinfall zweckmässigen relativen Stand der Linse anzuzeigen, was namentlich dann wünschenswerth erscheint, wenn man bei Sonnenbeleuchtung arbeitet und parallele, divergirende oder convergirende Lichtstrahlen benutzen will, wie es bei photographischen Aufnahmen vorkommt.

Die Spiegeleinrichtung muss bei der Anwendung dieses Beleuchtungsapparates etwas verändert werden, indem der Spiegel nicht seitlich ausserhalb der Achse gebracht werden darf, sondern nach vorn verschoben werden muss, was leicht mittelst der aus den Figuren ersichtlichen Gliederungen zu bewerkstelligen ist. Man könnte indessen eben so gut auch die Platte *r* (Fig. 163) so anbringen, dass die Beleuchtungslinse seitlich verschiebbar würde.

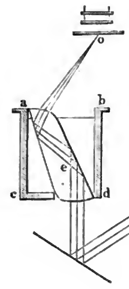
Von Herrn Belthle, der meinen Beleuchtungsapparat angefertigt hat, wird derselbe um 20 Thaler geliefert.

Nachet's Prisma für schiefe Beleuchtung. — Obwohl diese Vorrichtung (Fig. 165) für alle solche Instrumente, welche einen seitlich verstellbaren Spiegel besitzen, vollständig überflüssig ist, muss ich ihrer hier doch im Interesse derjenigen gedenken, deren Stativen diese Bewegung des Spiegels abgeht oder an denen sie in Folge ihres ganzen Baues nicht noch nachträglich angebracht werden kann.

Die Neigung des von dem Spiegel reflectirten Strahlenbündels wird bei diesem äusserst sinnreichen Apparate durch eine zweimalige Zurückwerfung, verbunden mit einer an der Vorderfläche stattfindenden Brechung, erreicht und beträgt zwischen 30 bis 40°. Indem nämlich die von

dem ebenen Spiegel kommenden Strahlen durch die untere Fläche des Prismas *e* hindurchgehen, werden sie zuerst von der rechtsgelegenen Fläche aus nach der linken und dann von dieser aus nach der oberen Fläche reflectirt. An dieser letzteren, welche etwas gewölbt ist, erleiden die Strahlen noch eine Brechung und werden dann in einer den Winkeln des Prismas und der Wölbung der Vorderfläche entsprechenden mehr oder minder schiefen Richtung gegen das Object geworfen.

Fig. 165.



Die Fassung *abcd* des Prismas ist derart, dass sie statt des Blendungsträgers in den Schlitten des Blendungsapparates der grösseren Stative gebracht werden kann. Der kleine Apparat wird von Nachet um 15 Frcs., von Zeiss in Jena um etwa denselben Preis geliefert.

So zweckmässig die beschriebene Vorrichtung auch für alle jene Instrumente erscheint, bei denen der aus der Achse verschiebbare Spiegel, oder auch der drehbare Objecttisch fehlt, so wenig ist sie geeignet, diese gänzlich zu ersetzen. Erstlich ist man nämlich, wie aus dem Obigen erhellt, in dem Grade des schiefen Lichteinfalles sehr beschränkt und dann ist die Beleuchtung selbst weit weniger intensiv, als man es wünschen muss.

Amici's Prisma. — Ein weit vollkommeneres Hilfsmittel der Beleuchtung gewährt in diesen Beziehungen die in der Ueberschrift genannte Vorrichtung (Fig. 166). Sie kann indessen auch nur da angebracht werden, wo hinlänglicher Raum vorhanden ist, um dieselbe, da sie von einem besonderen Gestell getragen wird, in der geeigneten Weise aufstellen zu können. Amici hat in seinem Prisma, welches er in der letzten Zeit bei seinen Mikroskopen an Stelle des Spiegels verwendete, so dass dieser ganz wegfiel, in höchst zweckentsprechender Weise die spiegelnde Eigenschaft gerader und das Licht concentrirende Vermögen gekrümmter Oberflächen benutzt, um eine möglichst vollkommene Beleuchtung zu erzielen. Hat man sich durch Versuche erst einmal genau mit dem Gebrauch des Prismas, dessen Construction aus der nebenstehenden Figur ersichtlich wird, vertraut gemacht, so kann man mittelst desselben die verschiedensten Effecte der Beleuchtung erzielen, indem es sich heben und senken, mehr oder weniger weit aus der optischen Achse bringen, und nach allen Seiten bewegen lässt. Nachet liefert dasselbe um den Preis von 25 Frcs. oder 7 Thaler.

Fig. 166.



3. Der Polarisationsapparat.

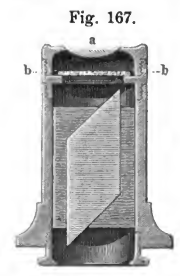
Die Bedeutung des polarisirten Lichtes, auf das wir in einem späteren Abschnitte ausführlicher zurückkommen werden, für die Untersuchung organischer Gewebe ist erst in der neueren Zeit gehörig gewürdigt worden. Es rühren daher die Versuche zur Herstellung polarisirender Apparate, welche in Verbindung mit dem Mikroskope gebraucht werden sollen und können, erst aus den letzten Jahrzehnten her.

Die Grundbedingung der Einrichtung mikroskopischer Polarisationsvorrichtungen beruht darauf, dass die vom Spiegel zurückgeworfenen Lichtstrahlen polarisirt werden, ehe sie auf den zu beobachtenden Gegenstand treffen, und dass sie dann durch ein weiteres Polarisationsmittel hindurchgehen müssen, ehe sie von dem Auge des Beobachters aufgenommen werden. Man bedarf also bei unserem in Rede stehenden Apparate zunächst eines **Polarisators**, der zwischen dem Spiegel und dem Gegenstande seine Stellung erhält, und dann eines **Analysators**, der zwischen den letzteren und das Auge zu stehen kommt.

Obwohl es verschiedene Polarisationsmittel gibt (Spiegel, Glasplattensätze u. dergl.), so hat man sich doch bei dem Polarisationsapparate für das Mikroskop allgemein für die Anwendung des Nicol'schen Prismas entschieden, da eben nach allen Erfahrungen nur mittelst seines Gebrauches die möglichst vollkommene Wirkung erreicht werden kann. Man bedarf sonach für jeden Polarisationsapparat zweier solcher Prismen, von denen das eine als Polarisator, das andere als Analysator dient.

Der Polarisator (Fig. 167) nimmt seinen, ein- für allemal bestimmten Platz zwischen Lichtquelle und Object an der unteren Seite des Objecttisches ein, und kann, wo dieser vorhanden ist, in der einfachsten Weise mit dem Apparate für die Cylinderblenden verbunden werden. In Bezug auf die Stellung des Analysators innerhalb des optischen Gesammtapparates hat man dagegen verschiedene Wege eingeschlagen. Man bringt denselben nämlich entweder, nach dem Vorgange Chevaliers, unmittelbar über dem Objectivsysteme, nach Harting nahe unter oder nach Talbot über dem Ocular an.

Fig. 167.



Polarisator.

Die letztere Anordnungsweise ist insofern von einigen Mikrographen als weniger zweckmässig befunden worden, als dabei das Gesichtsfeld in nicht unbedeutendem Maasse beschränkt wird, was bei manchen Untersuchungen allerdings störend wirken kann. Dagegen bietet sie manche Vortheile. Erstlich erzielt man bei gekreuzter Stellung der beiden Prismen, welche doch wohl die am meisten gebrauchte ist, eine sehr vollständige Verdunkelung des Gesichtsfeldes und kann so noch sehr bestimmt schwächer polarisirende Körper erkennen, indem der

Contrast zwischen den leuchtenden Theilen des Gegenstandes und seiner Umgebung ein weit grösserer ist, als bei einer nur unvollkommenen Verdunkelung. Dann fällt die Umdrehung des Analysators sehr leicht und endlich kann man nach Wegnahme desselben das helle Gesichtsfeld durchsuchen, um kleine Gegenstände in die Mitte desselben zu bringen. Dem oben erwähnten Nachtheile, der überhaupt mehr bei starken Ocularvergrösserungen fühlbar wird, die ohnehin bei dieser Stellung der Prismen keine hinreichend klare Bilder für die feinsten Untersuchungen im polarisirten Lichte gewähren, entgeht man ausserdem leicht, wenn das analysirende Prisma mit einem solchen Ocular verbunden wird, bei dem, wie z. B. bei dem aplanatischen Ocular, der Abstand des Auges von der oberen Linse schon an und für sich ein grösserer ist. Dann ist man aber allerdings in dem Gebrauch der Ocularvergrösserungen beschränkt, was doch hier und da etwas stört.

Der von Harting eingeschlagene Mittelweg, wobei der Analysator, aus einem Nicol von möglichst grossem Durchmesser bestehend, unmittelbar unter dem Ocular angebracht wird, scheint mir nicht recht zweckmässig, indem das Gesichtsfeld bei den schwächeren Ocularen an Ausdehnung nichts gewinnt und der Beobachter, wenn von dem Optiker bei dem Bau der Oculare nicht von vorn herein auf diese Anordnungsweise Rücksicht genommen worden ist, auf ein einzelnes polarisirendes Ocular beschränkt bleibt. Statt unterhalb der Collectivlinse könnte man das Nicol'sche Prisma auch zwischen Collectiv- und Ocularlinse an Stelle der Blendung anbringen, was manche Bequemlichkeit haben würde. Wenn ich nicht irre, fasst Zeiss auf Verlangen den Analysator in dieser Weise und berechnet dann den vollständigen Polarisationsapparat zu 22 Thaler, während derselbe mit dem analysirenden Nicol über dem Objectiv zu 20 Thaler angesetzt ist.

Die Stellung des Analysators über dem Objective wurde zuerst von Chevalier angewendet und wird gegenwärtig mehrseitig, namentlich auch von Hartnack befolgt. In Bezug auf die Ausdehnung des Gesichtsfeldes gewährt diese Anordnungsweise den besten Erfolg, indem dasselbe in keiner Weise beschränkt wird. Das mikroskopische Bild leidet dabei, so lange man nicht sehr starke Ocularvergrösserungen anwendet, keineswegs in solchem Umfange, dass sich ein irgend bedenklicher Nachtheil für die Beobachtung fühlbar machte, und der Lichtverlust, welchen dasselbe erfährt, kann leicht dadurch beseitigt werden, dass man mit dem polarisirenden Nicol in der (Fig. 167) dargestellten Weise eine planconvexe Beleuchtungslinse *a* verbindet, wie dies in neuerer Zeit von Hartnack u. A. geschieht. Das Einzige, was man dieser Stellung der beiden Nicols entgegenhalten kann, ist der von mehreren Seiten gerügte Umstand, dass das Gesichtsfeld bei gekreuzter Stellung nicht so vollständig verdunkelt erscheint, als es bei den beiden vorher beschriebenen Stellungen der Fall ist, indem ausser den ausserordentlichen auch eine gewisse Menge ordentlicher Strahlen nach dem Oculare gelangen. Indessen auch dieser Nachtheil ist wenigstens nach meinen eigenen und den

Erfahrungen mehrerer sachkundiger Freunde, die wir mittelst der neuen von Hartnack verbesserten Apparate machten, durchaus nicht so hoch anzuschlagen, als es von manchen Seiten geschieht. Der Unterschied in der Verdunkelung gegenüber den beiden anderen Stellungen reducirt sich auf ein Minimum und es lassen sich bei der letzterwähnten selbst noch sehr schwach polarisirende Objecte mit voller Bestimmtheit erkennen. Ausserdem lässt sich der für die besprochene Stellung eingerichtete Analysator auf die einfachste Weise auch über dem Ocular verwenden, wenn man sich ein Zwischenstück anfertigen lässt, welches um wenige Groschen zu haben ist, und man kann so je nach Belieben und Erforderniss beide Beobachtungsweisen miteinander verbinden. Sehr starke Ocularvergrösserungen verträgt diese Stellung eben so wenig, wie die erstere; man wird dieselbe indessen bei unseren vorzüglichen starken Objectiven auch nicht entbehren und selbst bei den feinsten Structuren mit schwacher oder mittlerer Ocularvergrösserung ausreichen.

Die Fassung der Prismen muss sich nach dem Bau der Stative richten. Wo diese mit einem beweglichen Blendungsapparate versehen sind, wird der Polarisator einfach in der oben dargestellten Weise in einen Messingcylinder gefasst, welcher in die Hülse des ersteren eingeschliffen und darin in senkrechter Richtung beweglich ist. Der Analysator (Fig. 168), für die Stellung über dem Objectivsystem bestimmt, ist so eingerichtet, dass er mittelst eines Gewindes in das untere Ende des Mikroskoprohres eingeschraubt werden kann, während ein zweites Gewinde die Objectivsysteme aufnimmt. Das Nicol'sche Prisma, in Kork eingelassen, steckt in einer Messingröhre, welche in der äusseren Röhre gleitet und mittelst zweier Arme, die sich in einem der letzteren eingeschnittenen Schlitz bewegen, um etwas mehr als 90° gedreht werden kann, um bei parallelen und gekreuzten Polarisationsebenen beobachten zu können. Wo der Objecttisch in der Weise drehbar ist, wie bei den grossen Hartnack'schen Stativen, kann diese letztere Vorrichtung fehlen und dann die Drehung dem rotirenden Tische übertragen werden. Allein auch in diesem Falle sollte sie nicht beseitigt werden, da man die Drehung des Tisches in der Regel benützen wird, um dem Objecte die geeignete Lage zu geben, und dann die in der Stel-

Fig. 168.



Analysator über dem Objectivsystem.

Fig. 169.



Analysator über dem Ocular.

lung des Analysators erforderliche Correction mittelst derselben ausgeführt werden muss. Will man den Analysator über dem Oculare gebrauchen, so lässt man sich ein Endstück anfertigen, welches an dem für das Rohr bestimmten weiteren Gewinde eingeschraubt wird und dessen weiterer Theil über der Fassung der Ocularlinse hingleitet. Ist das Prisma nur für über das Ocular bestimmt, so gibt man der Fassung die nebenstehende Form (Fig. 169).

Für manche Fälle der Untersuchung in polarisirtem Lichte ist es wünschenswerth, den polarisirten Lichtstrahl, ehe er zu dem Gegenstande gelangt, durch ein dünnes Plättchen aus einem doppelt brechenden Mittel, z. B. aus Gyps oder Glimmer, treten zu lassen und dadurch Farbenerscheinungen hervorzurufen, welche über die Lage der Achsen, die Art der Doppelbrechung u. s. w. Aufschluss zu geben im Stande sind. Um aber hierbei die betreffenden Erscheinungen, Farbenfolge u. dgl., auf welche wir in einem späteren Abschnitte ausführlicher zurückkommen werden, möglichst vollständig und genau verfolgen zu können, ist es erforderlich, dass man diese Plättchen in der horizontalen Ebene umdrehen und ihnen eine bestimmte Lage in Bezug auf die Polarisationsebenen der Prismen geben könne. Man thut daher gut, dieselben in geeigneter Weise so zu fassen oder fassen zu lassen, dass sie lose über die Beleuchtungslinse oder noch besser bei *b* (Fig. 167) zwischen diese und den Nicol des Analysators gelegt und umgedreht werden können. Hat man dann einmal die Lage bestimmt, in welcher ein Plättchen die lebhaftesten Farben gibt, wenn die beiden Nicols gekreuzt sind, in welcher also dessen Schwingungsebene diejenigen der Prismen unter einem Winkel von 45° schneidet, so bezeichnet man die mit dieser Schwingungsebene zusammenfallenden Durchmesser an seinen Endpunkten durch Marken, um dem ersteren jedesmal beim Einlegen sogleich die richtige Stellung geben zu können.

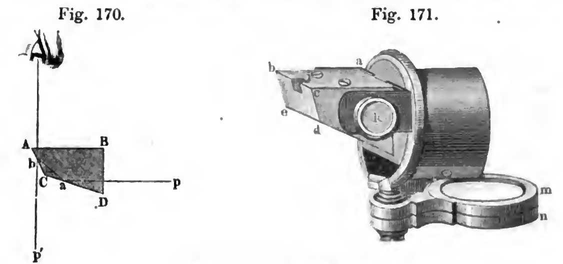
In der Regel wird man mit zwei Gypsplättchen, von welchen das eine Roth erster Ordnung, das andere das sehr empfindliche Uebergangsviolett oder Hellblauviolett dritter Ordnung gibt, und einem Glimmerplättchen, welches dem Gesichtsfelde eine graublaue Färbung ertheilt, ausreichen. Für manche Fälle wird es indessen wünschenswerth, einen grösseren Spielraum in der Färbung oder Erhellung des Gesichtsfeldes zu haben. Eine Reihe von vier Gypsplättchen von Roth erster bis vierter Ordnung, sodann eben so viele Glimmerplättchen, von denen das dünnste das Gesichtsfeld nur schwach erhellt, das dickste eine merkliche Erhellung, aber noch keine bestimmte Färbung hervorruft, sollen dann aber nach den Erfahrungen von H. v. Mohl vollkommen genügen. Die Optiker Schmidt und Haensch in Berlin liefern eine solche Sammlung von 8 Plättchen um den Preis von 3 Thaler, Steeg in Hamburg zu demselben Preise.

4. Vorrichtungen zum Nachzeichnen.

Es gibt wohl kaum einen anderen der mikroskopischen Nebenapparate, welcher in so vielfachen Abänderungen angefertigt und von den Mikroskopikern benutzt wird, wie die Vorrichtungen zum Nachzeichnen. Da es bei dem Gebrauche derselben in der That fast mehr auf Gewohnheit und Uebung, als auf die Eigenthümlichkeit des Baues ankommt, so erfüllen sie alle, wenn auch in mehr oder minder hohem Grade, ihren Zweck. Indessen zeigen sich doch, was die Bequemlichkeit und Sicherheit betrifft, mit der man den Umrissen eines Objectes folgen kann, nicht unerhebliche Abweichungen bei den verschiedenen Apparaten. Ich werde daher im Verlaufe der Beschreibung der mir näher bekannt gewordenen derartigen Apparate Gelegenheit nehmen, auf einzelne, mir als besonders zweckmässig gebaut erscheinende hinzuweisen und namentlich diejenigen hervorzuheben suchen, welche sich für den im Gebrauch weniger Geübten als empfehlenswerth erweisen.

Wollaston's Camera lucida. — Eine der am frühesten bei den Mikroskopikern in Gebrauch gekommenen Zeichnungsvorrichtungen ist die genannte Camera lucida (Fig. 170 und 171). Dieselbe beruht

Fig. 170. Fig. 171.



Wollaston's Camera lucida.

auf dem Principe der totalen Zurückwerfung und besteht im Wesentlichen aus einem viereckigen Prisma $ABCD$, dessen Seiten AB und BD unter einem Winkel von 90° zusammentreffen, während die beiden anderen Seiten AC und CD einen Flächenwinkel von 135° bilden. Gelangt nun ein Strahlenbündel p rechtwinklig nach der Fläche BD, so geht es ungebrochen hindurch und trifft auf die Fläche CD. Hier wird es in a dann zum zweitenmale an der Fläche AC in b vollständig zurückgeworfen und gelangt in der Richtung bp' in das über der horizontalen Fläche AB befindliche Auge, so dass es scheint, als ob der leuchtende Punkt sich in p' befände.

Kommt die Fläche BD vor das Ocular eines Mikroskopes zu stehen,

so wird das mikroskopische Bild auf einer zur Ebene des Scheinbildes, also auch zur Ebene des Objecttisches senkrechten Ebene projicirt. Da nun das Auge zugleich an der Kante bei *A* vorbeisieht, so erblickt der Beobachter auf einem in derselben Ebene befindlichen Blatte Papier oder dergleichen die Bleistiftspitze über dem projicirten Bilde und kann dessen Umrisse mit Leichtigkeit nachziehen.

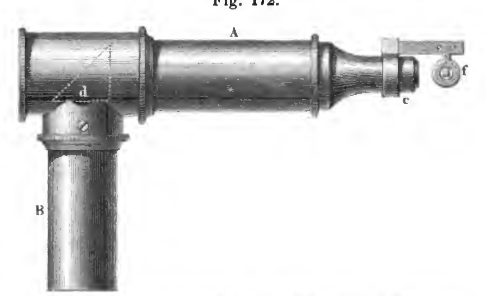
Beim Gebrauch dieses Apparates, den ich indessen nur bei Instrumenten aus englischen Werkstätten gefunden habe (Ross, Smith, Beck und Beck), ist man sonach genöthigt, das Mikroskop in eine geneigte oder horizontale Lage zu bringen, oder wo dies nicht angeht, die Camera mit einem sogenannten gebrochenen Oculare zu verbinden.

Das reflectirende Prisma wird in ein viereckiges Kästchen *abcd* (Fig. 171) gefasst und in diesem nur an der vorderen die Kante *A* aufnehmenden Seite eine kleine Oeffnung für das Auge gelassen. Die Stellung des Prismas selbst kann mittelst zweier Schrauben so regulirt werden, dass das ganze Gesichtsfeld vollständig beleuchtet erscheint und das projicirte Bild horizontal auf die Zeichenfläche fällt. Zur Befestigung in dem Mikroskope dient die Messinghülse hinter dem Kästchen, welche über das Ocular geschoben wird.

Um das Nachzeichnen, welches immer einige Schwierigkeit hat, zu erleichtern, sind an der Unterseite der Fassung die beiden Linsen *m* und *n* angebracht. Dieselben sind bestimmt, zu bewirken, dass die Strahlen, welche von dem mikroskopischen Bilde kommen, und jene, welche von dem Papier und dem Bleistift ausgehen, unter gleichen Winkeln divergiren und so Bild und Bleistiftspitze gleich deutlich gesehen werden.

Oberhäuser's Zeichenprisma. — Die Oberhäuser'sche Zeichenvorrichtung (Fig. 172) beruht auf demselben Principe, wie die vor-

Fig. 172.



Oberhäuser's Zeichenprisma. Das kleine Prisma *f* um 90° gedreht.

hergehende. Sie besteht aus einem gebrochenen Oculare, mit welchem das kleine rechtwinklige, von einem Ringe umgebene Glasprisma *f* derart

verbunden ist, dass dessen eine Kathete parallel zur Oberfläche der Ocularlinse, die andere aber parallel zur Zeichenfläche steht.

Das gebrochene Ocular besteht aus zwei rechtwinklig miteinander verbundenen innen geschwärzten Röhren *A* und *B*. In der Bahn der von dem Objectiv ausgehenden Strahlenbündel befindet sich das grössere rechtwinklige Prisma *d* und in dem vorderen Ende der Röhre *B* ein gewöhnliches Ocular *c*.

Die von dem mikroskopischen Bilde ausfahrenden Strahlenbündel werden gemäss dieser Einrichtung an der Hypotenusenfläche des Prismas *d* vollständig zurückgeworfen und treten dann in das Ocular so ein, dass sie ein in senkrechter Ebene projicirtes Bild erzeugen.

Durch das zweite vor dem Ocular befindliche Prisma *f* erleiden dieselben aber eine zweite totale Zurückwerfung, und das mikroskopische Bild wird auf die horizontale Ebene des Tisches projicirt. Während man nun an dem kleinen Prisma vorbeisieht, das einen geringeren Durchmesser besitzt, als die normale Oeffnung der Pupille, erblickt man zugleich, mit und über dem Bilde die Spitze des Zeichenstiftes und kann mit Leichtigkeit dem Umrisse folgen. Die Nachzeichnung wird hier sehr erleichtert, wenn man einen dunkelfarbigen Zeichengrund, etwa eine schwarze Schiefertafel, wählt, indem die Pupille beim Hinblicken auf die dunkle Fläche sich erweitert, und man nun leichter die Spitze eines hellen Stiftes zugleich und gleich deutlich mit dem Bilde auf der Zeichenfläche sieht.

Diese Vorrichtung, welche Hartnack, Zeiss u. A. um den Preis von 13 1/3 Thlr. liefern, bildet, da sie im Ganzen einen nur geringen Lichtverlust nach sich zieht und an jeder Stelle des Gesichtsfeldes gleich gut zeichnen lässt, was bekanntlich nicht von allen Zeichenapparaten gesagt werden kann, ein recht geeignetes Hilfsmittel zum mikroskopischen Zeichnen und dürfte namentlich auch dem weniger Geübten zu empfehlen sein. Das Einzige, was sie zu wünschen übrig lässt, ist der Umstand, dass das Gesichtsfeld etwas beschränkt erscheint und dass das Ocular ein- für allemal fest mit dem Zeichenprisma verbunden ist. Man kann daher für je ein Objectivsystem nur bei einer Vergrösserung zeichnen, was hier und da insofern lästig wird, als man in manchen Fällen gern bei einer ganz bestimmten oder doch bei der Vergrösserung zeichnen möchte, unter der man eine bestimmte Thatsache beobachtet hat. Ich glaube indessen, dass sich dieser Uebelstand leicht beseitigen lässt, wenn man die Einrichtung so trifft, dass das kleine Prisma beweglich gemacht und so eingerichtet wird, dass man es auf die Hülse befestigen kann, in welche das Ocular eingeschoben wird. Hierdurch würde dann noch ein weiterer Vortheil erreicht, indem das besondere Ocular wegfallen, also der Preis des ganzen Instrumentes verringert werden könnte.

Sömmering's Spiegel. — Auf ganz ähnliche Weise wie die eben besprochene Vorrichtung wirkt der Sömmering'sche Spiegel (Fig. 173), welcher aus einem ovalen Metallspiegelchen von etwa 4 Millimeter

Länge und 2 Millimeter Breite besteht. Wird derselbe unter einem Winkel von 45° vor dem gebrochenen Oculare befestigt, so erblickt man, wie bei dem Oberhäuser'schen Prisma, das Bild auf der Fläche des Arbeitstisches projicirt und sieht an dessen Rand vorbei Zeichenfläche und Stift. Um den kleinen Spiegel mit dem Rohre des gebrochenen Oculars zu verbinden, ist es mittelst der Metallstäbchen *b* und *c* an dem federnden Ringe *a* in der Art befestigt, dass es beim Gebrauche genau in die optische Achse gebracht werden kann.

Im Allgemeinen erreicht man zwar mit dem Sömmering'schen Spiegel dasselbe Ziel, wie mit dem Oberhäuser'schen Prisma, es verliert jedoch das Bild weit mehr an Lichtstärke, da bekanntlich von einer metallenen Oberfläche ein grosser Theil der auffallenden Lichtstrahlen verschluckt wird, während bei jenem der auf diese Weise herbeigeführte Verlust weit geringer ausfällt.

Fig. 173.





Sömmering's Spiegel.

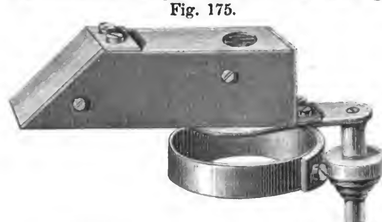
Die im Vorausgehenden beschriebenen Apparate haben sämmtlich das mit einander gemein, dass man das mikroskopische Bild auf die Zeichenfläche projicirt, diese selbst dagegen sowie den Zeichenstift wirklich erblickt. Durch diese Einrichtung verliert das erstere natürlich immer, sei es mehr, sei es weniger, an Lichtstärke, was namentlich bei den stärkeren Vergrösserungen etwas störend wirkt. Anders gestaltet sich dies bei den nachfolgend beschriebenen Vorrichtungen, bei denen man das Gesichtsfeld des Mikroskopes mit dem Auge unmittelbar übersieht, also das Bild betrachtet, und über diesem dann Zeichenfläche und Stift projicirt erblickt. Hatte man bei den vorhergehenden Apparaten in der Regel die Zeichenfläche zu verdunkeln, so wird man bei den folgenden namentlich für die schwächeren Vergrösserungen das in das Mikroskop tretende Licht zu mässigen haben, um eine möglichst gleichmässige Beleuchtung des mikroskopischen Bildes und der Zeichenfläche zu erzielen.

Nachet's und Nobert's Zeichenprisma. — Eine der zweckmässigsten und bequemsten Vorrichtungen dieser Art, mittelst deren man bei senkrecht stehendem Mikroskope auf vollkommen horizontaler Fläche zeichnen kann, ist die von Nachet in höchst sinnreicher Weise ausgeführte, ursprünglich von Nobert erdachte und ausgeführte Camera lucida, welche man um den mässigen Preis von 25 Franken vom ersteren Optiker beziehen kann, und welche in neuerer Zeit auch Bénèche, sowie Franz Schmidt und Haensch in Berlin um etwa den gleichen Preis liefern. Dieselbe besteht im Wesentlichen aus zwei Prismen, Fig. 174 (a. f. S.), dem rhombischen Prisma *abcd*, an dessen vorderer, über das Ocular zu stehen kommender Fläche das zweite und kleinere, dreiseitige, rechtwinklige Prisma *efg* derart aufgekittet ist, dass es

die eine Kathete dem Ocular zukehrt. Die aus dem letzteren tretenden Lichtstrahlen S treffen nun senkrecht auf diese ihm zugekehrte Kathetenfläche und gehen unter einem nur geringen Lichtverluste, den sie an der Fläche fg durch Reflexion erleiden, ungebrochen nach dem Auge. Die von der Zeichenfläche und dem Stifte kommenden Lichtstrahlen werden dagegen zuerst an der Fläche bd bei s' und dann an der Fläche ac bei s'' zurückgeworfen und treten in gleicher Richtung mit den aus dem Mikroskope kommenden Strahlen in das Auge s''', so dass man die Zeichenfläche und die Spitze des Stiftes über dem mikroskopischen Bilde projicirt erblickt. Die beiden Prismen sind in ein messingenes Kästchen gefasst (Fig. 175), welches entsprechend dem Prisma efg in der oberen und unteren Decke je eine runde Oeffnung hat, während die letztere den hinteren Theil des grösseren Prismas frei lässt. Mittelst eines Stiftes dreht sich das Kästchen in einem Fortsatze des federnden Ringes, der über das Rohr geschoben wird, so dass man es beliebig zur Seite schieben kann und das Ocular frei hat. An der vorderen Seite des Kästchens sind ausserdem kleine Schrauben angebracht, mittelst deren man den beiden Prismen, falls sich dies wünschenswerth zeigen sollte, eine etwas veränderte Stellung geben kann.

Fig. 174.

Fig. 175.



Nachet's Zeichenprisma zum Horizontalzeichnen

Ich habe diesen Zeichenapparat durch Herrn Bénèche kennen gelernt, der mir denselben zuschickte, und kann ihn nur empfehlen. Ich finde an demselben nur das zu tadeln, dass man einen verhältnissmässig kleinen Theil des Gesichtsfeldes zugleich mit dem Stifte übersieht, kann aber natürlich nicht wissen, ob dieser Fehler vielleicht bei den von Nachet selbst gefertigten Apparaten gar nicht in dem Maasse vorhanden ist, wie bei dem Exemplare, das mir zu Gebote stand.

Fig. 176.

Nobert's Zeichenapparat.

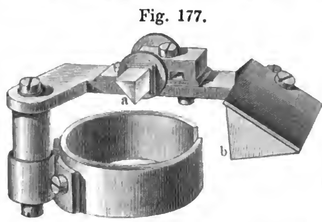
In der ursprünglichen von Nobert eingeführten Form war das grössere Pris-

ma durch das dreiseitig rechtwinklige Prisma *A* (Fig. 176) vertreten und über dem Oculare befand sich ein unter einem Winkel von 45° geneigtes, wegen der doppelten Spiegelung an der hinteren Fläche entweder äusserst dünnes, oder mindestens 5 bis 6 Mm. dickes Glasplättchen *B*, durch welche Anordnung annäherungsweise das gleiche Resultat erzielt wurde, wie bei der vollkommneren Einrichtung. Alle Exemplare dieses Nobert'schen Zeichenprismas, welche von Belthle, Zeiss, Franz Schmidt und Haensch (um den Preis von 5 Thalern) geliefert wurden, litten an dem oben erwähnten Gebrechen, sowie an der Unbequemlichkeit, dass sie für stärkere Oculare wenig brauchbar waren.

Das Gerling'sche Zeichenprisma. — Belthle, Engelbert und Hensoldt in Wetzlar, sowie Möller und Emmerich in Giessen geben ihren Mikroskopen in der Regel den genannten dem folgenden ähnlichen Apparat bei. Derselbe ist aus zwei ebenen Spiegeln zusammengesetzt, welche unter Winkeln von $22\frac{1}{2}°$ gegen die Horizontale geneigt sind. Bei dem Gebrauche erhält das kleine, runde Metallspiegelchen, dem der grössere vierseitige Glasspiegel gegenübersteht, seinen Platz unmittelbar über dem Ocular. Durch den letzteren werden dann die von der Spitze des Zeichenstiftes kommenden Strahlen nach dem kleineren reflectirt, und gelangen durch eine zweite Spiegelung senkrecht in das Auge, welches zugleich an dem Rande des runden Spiegelchens vorbei das Gesichtsfeld des Mikroskopes übersieht und so die Spitze des Stiftes über dem Bilde erblickt.

Diese Vorrichtung, in ihrer mechanischen Ausführung etwas schwerfällig, ist mir aus eigenen Erfahrungen bekannt und bietet, da man selbst ein so grosses Gesichtsfeld, wie es die Belthle'schen neuen orthoskopischen Oculare gewähren, fast ganz nachzeichnen kann, ein recht brauchbares Hilfsmittel zum Nachzeichnen der mikroskopischen Objecte. Die Zeichenfläche muss allerdings eine unter einem Winkel von $22\frac{1}{2}°$ geneigte sein, was aber durchaus nicht soviel Unbequemlichkeit verursacht, als wenn diese Neigung, wie bei dem Nachet'schen Zeichenprisma gewöhnlicher Form 45° beträgt. Am besten eignet sich für diese sowie für ähnliche Zeichenapparate als Zeichenpult ein viereckiges Kästchen mit geneigter Deckelklappe. Es bietet ein solches Pult zunächst eine gehörig feste Unterlage und dann lässt sich in dem inneren Raume auch gleich das nöthige Zeichenmaterial, Papier, Stift und dergleichen, aufbewahren.

Fig. 177.



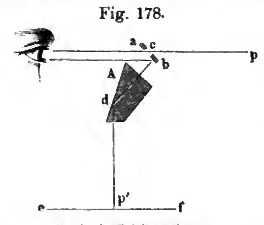
Camera lucida nach Doyère und Milne-Edwards.

Camera lucida nach Doyère und Milne-Edwards. Diese Zeichenvorrichtung (Fig. 177), welche von Hartnack in Paris schon seit Jahren geliefert

wird, hat in ihrem ganzen Baue viel Aehnlichkeit mit dem Gerling'schen Zeichenprisma, welches ihr nachgebildet zu sein scheint. Sie ist jedoch weit handlicher und bequemer gebaut, als jenes, mit dem sie die Grösse des Gesichtsfeldes theilt, und zeichnet sich vor demselben auch dadurch vortheilhaft aus, dass der Lichtverlust höchst unbedeutend ist und ihre Anwendung auch bei hohen Vergrösserungen und den stärksten Ocularen nicht behindert wird. Ich benutze das Instrumentchen seit Jahren fast ausschliesslich und kann es aus voller Ueberzeugung als einen der zweckmässigsten Zeichnungsapparate empfehlen. Die kleine Vorrichtung besteht aus zwei dreiseitigen, rechtwinkligen Prismen, von denen das kleinere, *a*, sich über dem Oculare befindet, während das grössere, *b*, die erste Spiegelung des Zeichenstiftes übernimmt. Da das über dem Ocular befindliche Prisma nur eine sehr kleine Oberfläche hat, so sieht man an demselben vorbei direct in das Mikroskop und dort das Bild des betreffenden Objectes, während durch die doppelte Spiegelung mittelst der Prismen *a* und *b* die Zeichenfläche und die Spitze des Stiftes über jenem projicirt erscheinen. — Hartnack hat diese Camera lucida mit 35 Franken verzeichnet, während Franz Schmidt und Haensch dieselbe in sehr zweckmässiger Fassung (siehe die Figur) um 8 Thaler liefern.

Amici's Zeichenprisma. — Das Zeichnungsprisma von Amici (Fig. 178) verlangt wieder das gebrochene Ocular, um auf horizontaler Fläche zeichnen zu können. Das Metallspiegelchen *a b* ist in der Mitte durchbohrt, so dass man durch dessen Oeffnung *c* in das Mikroskop sieht; vor diesem Spiegelchen, jedoch so, dass dessen oberer Rand etwas über den unteren Rand des ersteren hinüber greift, ist das rechtwinklige Prisma *A* angebracht. Die von dem Papier und Zeichenstift ausgehenden Strahlen werden nun zunächst von der Vorderfläche des Prismas reflectirt und treten nach der Oberfläche des Spiegelchens aus, von wo sie, zum zweiten Male zurückgeworfen, in horizontaler Richtung und zugleich mit den aus dem Mikroskope kommenden Strahlen in das Auge gelangen, so dass man das Papier und den Zeichenstift auf das Gesichtsfeld projicirt erblickt.

Fig. 178.



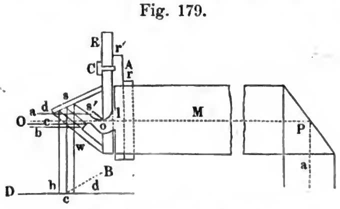
Amici's Zeichenprisma.

Aus eigener Erfahrung kenne ich diesen Apparat nicht; man ersieht aber leicht aus der obigen Darstellung, dass derselbe bei einem Mikroskope, das mit der Vorrichtung zum Horizontalsehen ausgestattet ist, seine guten Dienste zu leisten vermag.

Hagenow's Dikatopter. — Auch das Dikatopter von Hagenow (Fig. 179), ursprünglich nicht für den Gebrauch am zusammengesetzten Mikroskop bestimmt, aber von Dr. G. Meyer in Wien auch für dieses

eingerichtet, kenne ich nicht aus eigener Anschauung. Dasselbe wird aber in seinen Leistungen von K. B. Heller, dessen Schriftchen ich Beschreibung und Zeichnung entlehne (Das dioptrische Mikroskop, Seite 51 und 52) sehr gerühmt. Es besteht im Wesentlichen aus einem Glasspiegel *s*, der unter einem Winkel von 65° über dem Oculare angebracht ist; diesem Spiegel gegenüber, unmittelbar vor der Ocularlinse *l*, ist ein durchbohrter kreisrunder Stahlspiegel *s'* unter einem Winkel von 17° befestigt; beide Spiegel sind gegen das Eintreten des störenden Seitenlichtes durch die Wand *w* geschützt und an dem beweglichen Ringe *R* befestigt. Mittelst der Ringe 7 und 7′ wird das Dikatopter an das Rohr *M* angesteckt; der Ring 7′ trägt überdies das vierseitige Säulchen *A*, um daran mittelst der Schraube *C* dem Apparate die nöthige Beweglichkeit zu geben.

Fig. 179.

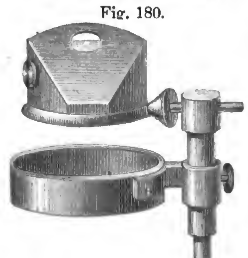


Hagenow's Dikatopter im Durchschnitt.

Das Auge *O* des Beobachters erblickt durch die kleine Oeffnung *o* direct das durch das Prisma *P* horizontal projicirte Bild, und sieht gleichzeitig das Zeichenpapier und den Zeichenstift *B* durch doppelte Reflexion der Strahlen *b*, *c*, *d* mit vollkommener Helligkeit und Deutlichkeit.

Nachet's Camera lucida. — Die sogenannte gewöhnliche Camera lucida, (Fig. 180), welche Nachet um 15 Franken liefert und welche auch von einigen deutschen Optikern, z. B. Bénèche, Zeiss und Schieck gewöhnlich ihren Instrumenten beigegeben wird, ist eines der unbequemsten Nachzeichnungsmittel, welches ich kenne. Erstlich hat man oft lange hin und her zu rücken, höher und niedriger zu stellen u. s. w., ehe man einmal eine ordentliche Projection des Gesichtsfeldes erhält, dann ist man genöthigt, bei senkrecht stehendem Mikroskop das Zeichenpapier auf einem unter einem Winkel von 45° geneigten Pulte auszubreiten, was höchst ermüdend wirkt; endlich hat das auf diese Weise erhaltene Bild gegen das mikroskopische eine verkehrte Lage, was auf die Ausführung der Zeichnung wiederum höchst störend einwirkt. Dasselbe bildet allerdings einen der billigsten Zeichenapparate, allein trotzdem möchte ich empfehlen, sich hierdurch nicht leiten zu lassen, weil man sich später wenig befriedigt

Fig. 180.


Nachet's gewöhnliche Camera lucida.

finden wird. Wenigstens ist es mir so ergangen und ich habe mich bei längerem Gebrauche dieses Zeichenprismas keineswegs von seinen hier und da gerühmten Vortheilen überzeugen können und bald anderen Apparaten zugewendet.

II. Mechanische Nebenapparate.

1. Apparate zur mikroskopischen Grössenbestimmung.

Die Schraubenmikrometer.

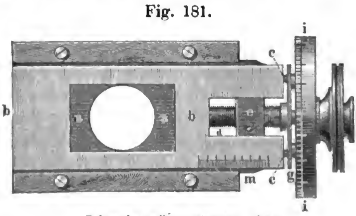
Schraubenmikrometer fertigen von den deutschen Optikern, soweit mir bekannt, nur Plössl, Schieck, Nobert und Schröder, und zwar, wie natürlich, nur um einen hohen, kaum unter 30 Thaler betragenden Preis.

Da nun ein so hoher Grad der Genauigkeit bei der Messung, wie sie das Schraubenmikrometer liefern muss, wenn es von vollendeter Arbeit ist, nur für höchst seltene Fälle wirklich nothwendig erscheint, da in der Regel die einfacheren und wohlfeileren mikroskopischen Messapparate vollkommen ausreichen, und mit der nöthigen Vorsicht verwendet einen hohen Grad von Genauigkeit zu gewähren im Stande sind, so ist die Beigabe eines Schraubenmikrometers zu einem Mikroskope für die meisten Mikroskopiker mehr eine Sache des Luxus, als der Nothwendigkeit. Wer sich indessen häufiger mit den allerfeinsten mikroskopischen Grössenbestimmungen zu befassen hat, und wer etwa die in einem späteren Abschnitte geschilderten, eine bedeutende Genauigkeit gewährenden Messungsmethoden zu unbequem finden sollte, der wird das Schraubenmikrometer nicht entbehren und sich sonach der Ausgabe für dasselbe nicht entschlagen können. Ich für meinen Theil habe den Mangel eines solchen Instrumentes noch durchaus nicht empfunden, und gar mancher Mikroskopiker wird sich mit mir in Uebereinstimmung befinden.

Objecttischschraubenmikrometer. — Das Objecttischschraubenmikrometer, Fig. 181, besteht aus zwei Platten, einer auf den Objecttisch festzuschraubenden unteren, *a a*, mit einer runden Oeffnung, und einer, den Objectträger aufnehmenden oberen, *b b*, mit einem rechteckigen Ausschnitte, welche sich zwischen den zu beiden Seiten der unteren Platte festgeschraubten schwalbenschwanzförmigen Leisten bewegt. Die Verschiebung der an ihren Rändern schief abgeschnittenen oberen Platte geschieht mittelst der aufs genaueste und sorgfältigste geschnittenen Mikrometerschraube *d*, welche in einer in das mit der unteren Platte festverbundene Querstück *c* eingeschnittenen Mutter geht. Beim Anziehen der Mikro-

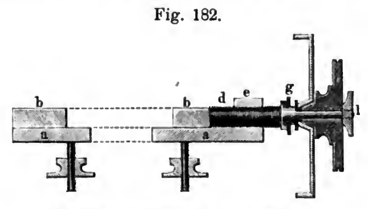
meterschraube stemmt sich nämlich das Ende derselben gegen die obere Platte und schiebt dieselbe nach vorwärts, während sie beim Losdrehen der Schraube durch die an dieser befestigte, mit Spiralfedern versehene und durch zwei Schräubchen mit jener fest verbundene viereckige Platte *g* zurückgezogen wird. Die Trommel *i* ist in 100 Theile getheilt und mittelst eines Nonius können noch 10tel Bruchtheile abgelesen werden. Dieselbe ist nicht fest mit der Mikrometerschraube verbunden, sondern kann mittelst Rückwärtsdrehen des Schraubenknopfes *l*, dessen Mutter an die Mikrometerschraube greift, gelöst werden, so dass man im Stande ist, ihren Nullpunkt mit demjenigen der Theilung auf der Platte *m* in Uebereinstimmung zu bringen, auf welcher die ganzen Umdrehungen der Schraube abgelesen werden. Zieht man die Schraubenmutter *l* wieder an, so dreht sich die Trommel mit der Schraube und gibt Hunderttheile, und mit Beihilfe des Nonius Tausendtheile der Umdrehung an. Es ist nun leicht begreiflich, wie, wenn die Höhe eines Schraubenganges $^1/_{10}$ Mm. beträgt, mittelst der Trommel Tausendstel, und bei Anwendung des Nonius Zehntausendstel des Mm. angegeben werden können.

Fig. 181.



Schraubenmikrometer von oben.

Fig. 182.



Schraubenmikrometer im Durchschnitt.

Ueber den Gebrauch und die Prüfung des Schraubenmikrometers werden wir in einem späteren Kapitel ausführlicher zu reden haben. Hier sei nur noch bemerkt, dass, um mittelst desselben messen zu können, das Ocular mit einem über das Diaphragma ausgespannten feinen Faden versehen sein muss, der mit den Rändern des zu messenden Objectes in Berührung gebracht werden kann. Die Optiker, welche Schraubenmikrometer liefern, versehen in der Regel eines ihrer Oculare mit einem solchen feinen Faden. Man kann sich denselben indessen auch nach der von Dr. Welcker (über Aufbewahrung mikroskopischer Objecte etc. S. 31 u. f.) angegebenen Methode leicht selbst beschaffen. Zu dem Ende benetzt man die Stellen des Blendungsrandes, von welchen aus der Faden die Blendung durchziehen soll, mit einem Tröpfchen Canadabalsam, und führt dann den Knopf einer Stecknadel von diesem Punkte aus zu dem

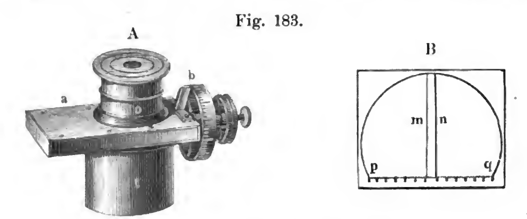
gegenüberliegenden Endpunkte des Durchmessers. Auf diese Weise erhält man einen vortrefflichen Faden, dessen Dicke man ganz in seiner Gewalt hat, und welcher an Gleichmässigkeit und Dauerhaftigkeit einem Spinnwebfaden nicht im mindesten nachsteht.

Ich habe, theils zum Zwecke von Messungen, theils um bestimmte Stellen eines Objectes oder kleine Objecte für Andere leichter auffindbar zu machen, mehrere meiner Oculare mit solchen Fäden und Fadenkreuzen versehen, und kann die Trefflichkeit der Welcker'schen Methode somit aus Erfahrung bestätigen. Die Fäden gelingen so leicht und werden so vollendet schön, dass man sich dieselben nicht vollkommener wünschen kann.

Das Schraubenmikrometer ist in neuester Zeit durch Nobert bedeutend verbessert worden, indem ihm derselbe eine solche Einrichtung gibt, dass die Drehung der Schraube nicht mittelst der Hand, sondern mittelst eines eigenen Apparates bewirkt wird, der, mit Ausnahme des zur Drehung erforderlichen, allen anderen Druck ausschliesst.

Ocularschraubenmikrometer. — Das Ocularschraubenmikrometer, Fig. 183, steht, was die Genauigkeit betrifft, wie wir später sehen werden, noch über dem Objecttischschraubenmikrometer, übertrifft dasselbe aber

Fig. 183.



Ramsden's Ocularschraubenmikrometer.

mit der dazu erforderlichen sonstigen Einrichtung, d. h. mit dem zur genauen Verschiebung des Objectes nothwendigen beweglichen Objecttisch, auch an Höhe des Preises.

Dasselbe besteht aus einem Ramsden'schen Ocular, in dessen Gesichtsfeld zwei feine Fäden ausgespannt sind, von denen der eine, *m*, feststeht, der andere, *n*, aber quer über das Gesichtsfeld beweglich ist. Beide sind in dem rechteckigen flachen Kästchen *a* eingeschlossen, und der eine Faden wird durch eine Mikrometerschraube hin und her bewegt, die, wie bei dem vorhergehenden Mikrometer, mit einer getheilten Trommel *b* versehen ist, um Bruchtheile der ganzen Umdrehungen ablesen zu können. Die ganzen Umdrehungen werden von einem Maassstabe (*pq*, Fig. 183 B.) abgelesen, der aus einem rechtwinklig auf den beiden Fäden stehenden Messingstreifen besteht, dessen Rand kleine, sägezahnartige Einschnitte

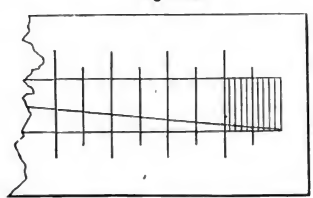
enthält. Von diesen entspricht je einer einer vollen Umdrehung und ist zur leichteren Uebersicht immer der fünfte durch seine Tiefe besonders kenntlich gemacht. Das Uebergewicht des Ocularschraubenmikrometers über das Objectschraubenmikrometer rührt vorzugsweise daher, dass man dazu dickere Schrauben mit weniger Windungen auf die gleiche Länge anwenden kann, welche sich mit weit grösserer Sicherheit und Genauigkeit herstellen lassen, als jene feinen Schrauben, wie sie für das letztere erfordert werden. Ferner sind die Fehler, welche man etwa beim Einstellen begeht, weit geringer, weil sie nur das durch das Ocular vergrösserte Bild treffen, während dieselben bei dem Objectschraubenmikrometer in ihrer vollen Grösse hervortreten. Die Mängel, welche dem Ocularschraubenmikrometer dem vorher beschriebenen gegenüber anhaften, bestehen darin, dass die Vergrösserung in den Randtheilen des benutzten Oculares von jenen in den centralen Theilen gradweise abweicht, und dass die ganze Einrichtung, wie sie an dem oberen Theile des Mikroskoprohres angebracht ist, nicht den Grad der Stabilität besitzt, wie sie für feine Messungen erforderlich ist. Ausserdem hat es mit jedem Ocularmikrometer die Unbequemlichkeit gemein, dass seine Theilung nicht einen absoluten, sondern nur einen relativen Werth besitzt, der für jedes Objectivsystem und jede Rohrlänge erst genau bestimmt werden muss. Trägt man sich indessen die gefundenen Werthe ein- für allemal in ein Täfelchen ein, so ist man bei allen späteren Messungen dieser Mühe überhoben, und es bleibt nur noch eine unbedeutende Rechnung auszuführen, um das wirkliche mikrometrische Maass zu erhalten.

In der neuesten Zeit (Max Schultze's Archiv für mikroskopische Anatomie, Hft. I, S. 79 u. f.) hat das Ocularschraubenmikrometer durch H. v. Mohl eine wesentliche Umgestaltung und Verbesserung erfahren, so dass es alle bisher bekannten Messinstrumente an Leistungsfähigkeit weit übertrifft, wenn es gilt, die Grösse ganz kleiner Objecte, die Entfernung feiner Streifen u. s. w. zu bestimmen. Die ganze Einrichtung ist indessen so zusammengesetzt, und in Folge hiervon so theuer, dass sie wohl kaum eine weite Verbreitung finden wird, zumal ihre Verwendbarkeit in ziemlich enge Grenzen eingeschlossen ist. Das von v. Mohl benutzte Ocularschraubenmikrometer besteht im Wesentlichen aus einem Fraunhofer'schen Schraubenmikrometer, dessen Schraube Umgänge von etwa $^1/_4'''$ Höhe besitzt und welches an einem besonders hierfür gebauten Stativ angebracht ist. Letzteres wird von einer $1^1/_2$ Zoll dicken, nach oben schwach verjüngten Säule gebildet, welche am oberen Ende eine horizontal abstehende, 3 Linien dicke, in der Mitte mit einer Oeffnung versehene Platte trägt. In dieser Oeffnung ist von unten her die Mikroskopröhre unbeweglich eingeschraubt und über derselben das Schraubenmikrometer angebracht. Auf letzterem befindet sich das durch dasselbe zu bewegende Ocular in eine kurze Röhre eingesteckt, welche von einem beweglichen Schieber getragen wird, der mittelst einer steilansteigenden Schraube zwischen zwei schwalbenschwanzförmigen Leisten parallel mit der Mikrometerschraube über

die bewegliche Platte des Mikrometers hingeführt werden kann. Das Ocular ist sonach in doppelter Weise über dem Mikroskop verschiebbar, einmal mittelst der beweglichen oberen Platte des Mikrometers, wodurch dasselbe zur Grössenbestimmung über das von dem Objectivsystem entworfene Bild hingeführt wird, und dann mittelst des erstgenannten, sogenannten Ocularschiebers, wodurch dasselbe mittelst geeignet an Schieber und Leisten angebrachter Marken leicht in die Achse des Mikroskopes gebracht werden kann. Objecttisch und Beleuchtungsapparat sind von dem Mikroskoprohre gesondert an einer Messingstange befestigt, welche mittelst zweier kurzen Arme an der das Rohr tragenden Säule parallel zu deren Achse festgeschraubt wird. Die Einstellung muss bei dieser Einrichtung natürlich durch Bewegung des Objectes gegen das Objectivsystem bewirkt werden und befindet sich die durch einen Trieb vermittelte grobe an der Stange, während die feine an dem Objecttische angebracht ist.

Oberhäuser's Ocularmikrometer. — Dieses Mikrometer besteht im Wesentlichen aus einem in die Blendung des Oculares eingelegten beweglichen Glasmikrometer. Die Mikrometerscala (Fig. 184) bildet ein Rechteck von 1 Mm. Breite und 10 Mm. Länge, und enthält 100 Intervalle, welche von der Diagonale des Rechteckes so durchschnit-

Fig. 184.



Scala 10mal vergrössert.

Fig. 185.



Oberhäuser's Ocularmikrometer.

ten werden, dass direct $^1/_{100}$ des Mm. angegeben sind. Da die Scala nun durch die Ocularlinse genau 10mal vergrössert wird, kann man bei einer 100maligen Vergrösserung Zehntausendtheile des Millimeters ablesen. Die Scala selbst ist in einen Messingstreifen (Fig. 185) gekittet, der mittelst einer Schraube vor- und rückwärts geschoben werden kann. Es ist somit möglich, die Theilung auf eine gewisse Strecke quer durch das Gesichtsfeld zu führen und da sich zugleich der ganze Apparat im Mikroskoprohre leicht drehen lässt, so kann man das Mikrometer bequem in die zur Messung nothwendige Stellung gegen das Object bringen, ohne dass man dieses zu berühren braucht. Damit die Theilung der Scala mit vollkommener Schärfe gesehen wird, ist die Ocularlinse zur genauen Einstellung in eine über dem

gentlichen Ocularrohre senkrecht verschiebbare geschlitzte Hülse gefasst, deren Bewegung durch einen Stift begrenzt wird. Das Mikrometer leistet für alle Fälle, wo man entweder isolirte kleine Gegenstände, oder sehr zarte, durchsichtige Objecte der Messung zu unterwerfen hat, sehr gute Dienste und steht dem Objecttischschraubenmikrometer an Genauigkeit der Resultate kaum nach. Dabei ist es um mehr als die Hälfte billiger als jenes, denn man erhält dasselbe von E. Hartnack um 50 Franken. Der Werth der mikrometrischen Theilung muss, wie bei jedem Ocularmikrometer, so auch hier für die verschiedenen Objectivsysteme bestimmt und zu späterem Gebrauche in eine Tafel eingetragen werden.

Der Nachtheil, welcher dieser wie jeder ins Ocular eingelegten Mikrometertheilung anhaftet, besteht darin, dass man bei minder durchsichtigen Objecten, oder wo mancherlei Gegenstände durch- und übereinander liegen, nur noch schwer im Stande ist, die Theilstriche mit der gehörigen Sicherheit zu unterscheiden.

Trigonometrisches Mikrometer.

Dieses von Prof. Dr. H. Welcker ersonnene und empfohlene Mikrometer (Zeitschrift für rationelle Medizin, Bd. IV, Heft 1) ist für die Messung kleiner isolirter Körperchen bestimmt, und auf den trigonometrischen Satz basirt, dass die Sehne jedes Bogens gleich dem doppelten Sinus des halb so grossen Bogens sei. Es wurde durch Hodgson in der Weise abgeändert, dass man nicht den Bogen, sondern die Tangente des durchlaufenen Bogens direct misst, und daraus die Grösse des mikroskopischen Gegenstandes berechnet. Diese Einrichtung bietet den Vortheil, dass man das Object mit seinem zu messenden Durchmesser leicht genau in die Tangentenrichtung bringen kann, während es ziemlich schwer fällt, dasselbe mit der Sehne in übereinstimmende Lage zu bringen, woraus immer eine Fehlerquelle erwächst.

Der Apparat (Fig. 186 I.) ist im Ganzen ziemlich einfach, und lässt sich mit Leichtigkeit an jedem Mikroskope anbringen. Auch sind die Messungen, welche man mittelst desselben auszuführen im Stande ist, für die meisten Fälle hinreichend genau.

Das Diaphragma des Oculares wird mit zwei feinen Fäden durchzogen, von denen der eine genau im Durchmesser des Gesichtsfeldes liegen muss, der andere diesen excentrisch unter einem rechten Winkel schneidet. Ausserdem ist mit dem Oculare ein messingenes Stäbchen fest verbunden, dessen äussere Kante genau mit dem diametralen Faden in gerader Linie liegt, und an dem Rohre des Mikroskopes ist eine dreieckig rechtwinklige Platte angebracht, deren mit dem zweiten Faden parallele Seite eine Theilung trägt, die ihren Nullpunkt in der Verlängerung des ersten Fadens hat. Die Grundsätze, auf denen dieser Apparat beruht, sind leicht aus der umstehenden Zeichnung (Fig. 186 II.) ersichtlich. Wird der Faden AB sammt dem mit ihm correspondirenden

Messingstäbchen aus der ursprünglichen Stellung, in welcher er den einen Endpunkt M des Durchmessers eines zu messenden Körpers MN berührt, in die Stellung ab gedreht, worin er den zweiten Endpunkt N jenes Körpers schneidet, so durchläuft der Zeiger den Weg EF, dessen Grösse an der Scala abgelesen werden kann. Kennt man dann die Entfernung des Punktes E von dem optischen Mittelpunkte O, die ein- für allemal fest bleibt, sodann diejenige des Kreuzungspunktes M von demselben Punkte, so verhält sich nach einem einfachen geometrischen Satze $MN : EF = OM : OE$, und es ist der Durchmesser des zu messenden Körpers $= \frac{OM.EF}{OE}$. Man hat also nur den ein- für allemal für ein bestimmtes Objectivsystem durch Messung der Strecke OM mittelst eines Mikrometers zu bestimmenden und bleibenden Quotienten $\frac{OM}{OE}$ mit dem auf der Scala abgelesenen Werthe zu multipliciren, um den wirklichen Werth des Objectes zu erhalten. So ist z. B. bei meinem Systeme 5 von Hartnack $OM = 0{,}2$ Mm. $OE = 101$ Mm. und der Quotient $EO = 0{,}002$ Mm. Wären nun auf der Scala 6 Mm. abgelesen, so würde $MN = 0{,}002 \cdot 6 = 0{,}042$ oder $^3/_{250}$ Mm. sein.

Fig. 186. I.

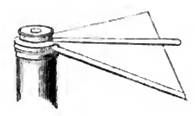
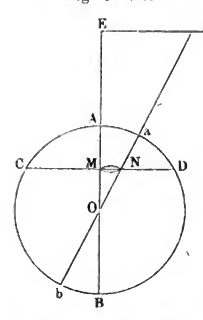


Fig. 186. II.



Die einzige Schwierigkeit, welche sich der genauesten Messung entgegenstellt, liegt darin, dass der Faden in der zweiten schiefen Stellung ab nicht so ganz sicher mit dem Endpunkte des Objectdurchmessers in Uebereinstimmung gebracht werden kann, als dies bei einer zu dem Durchmesser senkrechten Stellung der Fall ist.

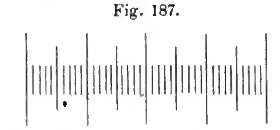
Glasmikrometer.

Von Glasmikrometern gibt es zwei Arten, indem dieselben eingerichtet sind, um entweder als Object zu dienen, oder um in das Ocular eingelegt zu werden.

Objectmikrometer. Das Objectglasmikrometer dient im Allgemeinen mehr dazu, um die Vergrösserungszahlen der Mikroskope und den wahren Werth der Theilung der Ocularmikrometer zu bestimmen, als um auf directem Wege die wirkliche Grösse eines Gegenstandes zu ermitteln. Es ist vor allen Dingen nothwendig, dass dessen Theilung auf die allersorgfältigste

Weise ausgeführt ist, und hat man sich vor seiner Anwendung jedenfalls hiervon zu überzeugen, und etwaige Fehler kennen zu lernen, um dieselben bei nachfolgendem Gebrauch durch angebrachte Correction eliminiren zu können. Was die Theilung selbst betrifft, so ist, da das metrische Maass nun doch einmal und zwar mit Recht vollen Eingang bei wissenschaftlichen Zahlenangaben gefunden hat, im Allgemeinen als am passendsten das Millimeter als Einheit zu wählen. In der Regel wird es vollständig genügen, wenn das letztere in 100 Theile getheilt ist, indem noch feinere Theilungen von z. B. $^1/_{400}$ Mm. kaum von Nutzen sein dürften. Bei der Ausführung der Scala ist vor allen Dingen darauf zu sehen, dass die einzelnen Diamantstriche möglichst rein ausfallen und eine Dicke von etwa $^1/_{1500}$ Mm. nicht übersteigen, da dieselben sonst bei stärkeren Vergrösserungen nicht mehr als Linien gesehen werden, was für genaue Messung doch unbedingt nothwendig ist. Um bei der Zählung für das Auge die erforderlichen Anhaltspunkte zu gewinnen, und um Verwirrungen vorzubeugen, müssen je 10 und je 5 Theile durch einen längeren Strich ausgezeichnet werden, wie dies bei den gewöhnlichen Maassstäben im Gebrauch ist (Fig. 187). In der Regel führen die Optiker ihre Objectglasmikrometer auf runden Plättchen aus, geben denselben zum Schutze gegen Zerbrechen eine Messingfassung und bewahren sie mittelst eines Deckplättchens vor Schmutz. Beides wird jedoch am besten vermieden. Es genügt, wenn die Theilung auf einer rechteckigen, reinen, vollkommen ebenen Glasplatte von etwa 20 Mm. Breite, 40 bis 50 Mm. Länge und 2 bis 3 Mm. Dicke ausgeführt wird, indem dieselbe dann hinreichend vor dem Zerbrechen gesichert ist. Das Freiliegen der Theilung ist insofern wünschenswerth, als man dieselbe dann, je nach Bedürfniss, unbedeckt oder mittelst eines entsprechenden Plättchens bedeckt verwenden kann. Die Aufbewahrung in einem passenden, inwendig mit Sammt ausgekleideten Etui schützt ausreichend vor grober Beschmutzung. Sollte sich aber trotzdem eine störende Bestaubung u. s. w. einstellen, so lässt sich die Reinigung, wie ich mich überzeugt habe, auf ganz vorzügliche Weise durch die von Place (über die Prüfung der Glasmikrometer etc. Berlin 1860) empfohlene Manipulation ausführen. Man übergiesst nämlich die Glasplatte oder vielmehr die Scala mit einigen Tropfen Collodium, bis diese Flüssigkeit etwa 1 Mm. hoch steht. Sobald sich dann der Aether vollkommen verflüchtigt hat, was nach 10 bis 15 Minuten der Fall ist, und die Collodiumdecke zu einem papierdünnen Häutchen zusammengetrocknet erscheint, lässt sich dieselbe leicht am Rande mittelst eines feinen Messerchens loslösen und springt hierauf von selbst ab, oder kann mittelst der Pincette abgezogen werden. Die Theilung tritt nach dieser Operation mit wundervoller Klarheit hervor und erleidet auch durch öftere Reinigung

Fig. 187.



0,4 Mm. der Mikrometerscala 100mal vergrössert.

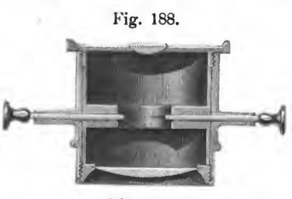
nicht den mindesten Schaden, was allerdings bei anderen Reinigungsmethoden mittelst Reibens etc. der Fall ist.

Ocularmikrometer. Das Ocularglasmikrometer bedarf natürlich einer weit weniger feinen Theilung, als das Objectmikrometer, und es genügt vollkommen, wenn 6 Mm. in 60, oder 10 Mm. in 100 Theile getheilt werden. Feinere Theilungen sind nicht allein überflüssig, sondern eher unbequem. Die einzelnen Striche müssen, damit sie mit Bestimmtheit und in der nöthigen Schärfe über dem Bilde des Gegenstandes gesehen werden können, weit stärker sein als bei dem Objectmikrometer, da sie nur 5 bis 20 mal vergrössert werden. Die Breite derselben darf aber auch wieder nicht ein gewisses Maass überschreiten, weil dadurch die Einstellung auf den Rand des Objectes erschwert und die Messung ungenau wird. Die Grenzen der Strichbreite werden etwa zwischen $^1/_{200}$ bis $^1/_{300}$ Mm. liegen müssen. Die Glasplatte muss hier kreisförmig sein und sollte die Dicke von 2 Mm. nicht überschreiten, dagegen auch nicht unter 1 Mm. herabgehen. Genauigkeit der Theilung, die aber hier weit leichter zu erreichen ist, wie bei der vorigen Mikrometerart, bleibt unbedingtes Erforderniss, ebenso die Reinheit und Gleichmässigkeit der Theilstriche. In Bezug auf die Lage des Mikrometers im Ocular ist noch hervorzuheben, dass die Theilung stets dem Objecte zugewendet sein muss, um die doppelte Reflexion an der hinteren Fläche und damit die Verdoppelung der Theilstriche zu vermeiden.

Das Spitzenocular.

Das Spitzenocular (Fig. 188) kann, wie wir später sehen werden, unter Umständen recht gute Dienste für die mikroskopische Messung leisten, bietet sich aber namentlich als ein vorzügliches Hilfsmittel bei Zählungen von Streifen, Punkten, Fasern u. dergl. dar. Dasselbe besteht aus einem einfachen Ocular, in welches genau diametral von den entgegengesetzten Seiten her zwei Schrauben hineinragen, die in feinen Spitzen endigen, und mittelst Umdrehung der links und rechts befindlichen Schraubenknöpfe einander genähert oder von einander entfernt werden können. Zur Ausführung von Messungen und Zählungen hat man neben dem Spitzenocular ausserdem ein Objectglasmikrometer nöthig. Die Messungen selbst sind dann für die meisten Fälle, in denen sie mittelst dieses Apparates überhaupt vorgenommen werden dürfen, sehr bequem auszuführen und besitzen hinreichende Genauigkeit. Die Fehler, welche durch die Beugung der Lichtstrahlen an den feinen Spitzen verursacht werden,

Fig. 188.



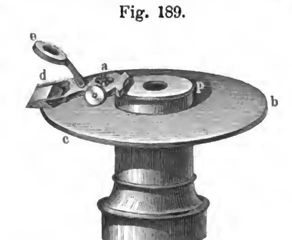
Spitzenocular.

sind meiner Ansicht nach kaum von irgend einem Einflusse, jedenfalls aber nicht von der Bedeutung, die man ihnen von manchen Seiten zugeschrieben hat.

Das Goniometer.

Das Goniometer findet nur eine beschränkte Anwendung bei den histiologischen und physiologisch chemischen Untersuchungen, um die Winkel mikroskopischer Krystalle zu messen. Selbst hier kann es aber in der Regel entbehrt werden, wenn man sich auf andere Weise über die betreffende chemische Verbindung die nothwendigen Aufschlüsse verschaffen kann. Ausserdem wird man bei der mikroskopischen Winkelmessung in den meisten Fällen nur selten zu einer solchen Sicherheit gelangen können, wie dies bei anderen derartigen Messungen der Fall ist, indem es nicht möglich ist, polyedrische Krystalle mit ihren geneigten Flächen immer in diejenige Lage zu bringen, die zur sicheren Winkelbestimmung erfordert wird. Dies wird nur bei dünnen und ebenen Plättchen und für eine Lage derselben gelingen, und daher auch nur bei solchen mit genügender Sicherheit der betreffende Winkel bestimmt werden können.

Fig. 189.



Aus diesen Gründen werde ich mich hier denn auch nicht auf die mancherlei Abänderungen, die man an dem Instrumente vorgenommen hat, einlassen, sondern auf die Beschreibung des Schmidt'schen Goniometers (Carl Schmidt, Untersuchungsmethoden der Excrete und Säfte, 1846, S. 19) beschränken, das mir für unsere Zwecke ausreichend erscheint. Mit dem Mikroskoprohre steht der Messingkreis *abc* in fester Verbindung, dessen Umfang in 360° getheilt ist, von denen jeder wieder eine Dritteltheilung besitzt. An dem Oculare *p*, das zu diesem Zwecke mit einem genau centrirten Fadenkreuze versehen sein muss, befindet sich der Nonius *d*, über welchem zur bequemeren und genaueren Ablesung eine planconvexe Linse *e* angebracht ist. Rückt man nun den zu messenden Krystallwinkel mit der betreffenden Ecke in den Schnittpunkt des Fadenkreuzes, bringt den einen der Fäden in genaue Uebereinstimmung mit dessen einer Kante, und dreht dann das Ocular so weit, bis derselbe Faden mit der zweiten Kante genau zusammenfällt, so gibt die Differenz der in beiden Stellungen gemachten Ablesungen die Grösse des durchlaufenen Winkels an, der dem Krystallwinkel entspricht. Nach Schmidt's eigener Angabe soll der mögliche Fehler, wenn das Goniometer genau gearbeitet ist, nicht viel über 20 Secunden hinausgehen.

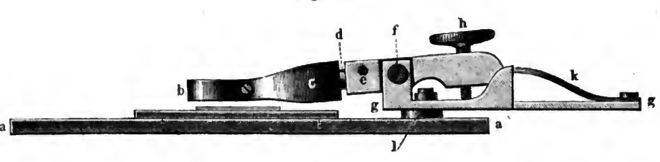
2. Vorrichtungen zur Anwendung von Druck, Wärme u. s. w.

Der mikrotomische Quetscher oder das Compressorium.

Der mikrotomische Quetscher dient dazu, um zarte Objecte, deren innere Structur nur dann in genügender Weise aufgehellt werden kann, wenn sie durch allmälige Quetschung ausgedehnt und somit durchsichtiger gemacht werden, einem allseitig gleichmässig wirkenden, in beliebigem Grade allmälig gesteigerten Drucke auszusetzen.

Schacht's Quetscher. Eine der einfacheren und zugleich zweckmässigeren Vorrichtungen dieser Art ist der nach den Angaben Schacht's von Zeiss in Jena ausgeführte Quetscher, Fig. 190, welcher um den


Fig. 190.



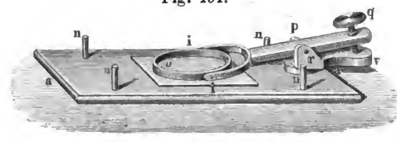
Schacht's Quetscher.

Preis von 5 Thalern in sauberem Etui geliefert wird. Derselbe zeichnet sich namentlich dadurch aus, dass man ihn auf das Object anwenden kann, wie man es vorher zur Beobachtung aufgelegt hatte, also dieses nicht erst auf eine besondere Objecttafel und unter besonderes Deckglas zu bringen braucht. Er besteht aus der vierseitigen, in der Mitte mit einer grossen runden Oeffnung versehenen, den Objectträger aufnehmenden Messingplatte *a a*, und dem nach der Innenseite sich conisch verjüngenden, centrisch durchbohrten Messingring *b*, von dem der Druck auf das Deckgläschen ausgeübt wird. Letzterer hängt zwischen zwei in dessen Durchmesser sich gegenüberstehenden Stiften in dem Bügel *c*, der sich vermittelst des in dem Hebel *e e* steckenden Zapfens *d* um seine horizontale Achse drehen kann, so dass ihm eine möglichst allseitige Beweglichkeit gesichert ist, und seine ebene Unterfläche unter allen Umständen der Oberfläche des Deckglases parallel bleibt. Der Hebel *e e* dreht sich bei *f* auf dem in horizontaler Lage festgehaltenen Lager *g g* und wird durch die schief stehende in diesem sich drehende Schraube *h* am hinteren Ende gesenkt und mittelst der starken stählernen Feder *k* beim Zurückdrehen jener gehoben. Wird die Schraube *h* gelockert, so drückt der Ring gegen die Deckplatte, und umgekehrt entfernt er sich von derselben, sobald man die erstere anzieht.

Der ganze obere Theil der Vorrichtung dreht sich ausserdem in horizontaler Ebene um den in der Platte *a a* feststehenden Stift *l* und kann somit leicht über dem Object zur Seite gedreht werden.

Schieck's Compressorium. Eine ähnliche Einrichtung besitzt auch das Compressorium von Schieck (Fig. 191), nur geht dem Bügel *i i* die Drehung in seiner Längsachse ab und ist dem Druckringe eine runde Glastafel *o* fest eingefügt, was den allseitigen Parallelismus der Deckplatte ausschliesst und in der Behandlung und Beobachtung des Objectes mancherlei Unbequemlichkeiten nach sich zieht. Die vier Stifte *n n n n* sollen dazu dienen, um den Quetscher umkehren und das Object von zwei Seiten beobachten zu können, ein Vortheil, der nur für solche Gegenstände in Wirklichkeit vorhanden ist, welche vermittelst schwächerer Objectivsysteme untersucht werden können.

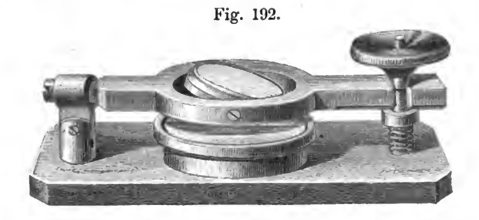
Fig. 191.



Schieck's Compressorium.

Schmidt's Quetscher. Noch unbequemer als der letztgenannte sind jene Quetscher, welche wie der neben abgebildete von Franz Schmidt und Haensch eine solche Einrichtung besitzen, dass Objectträger und Deckplatte integrirende Bestandtheile des Apparates ausmachen. Dieses Compressorium, dessen Preis 5 Thaler beträgt, sowie das Oberhäuser'sche, welches eine Abänderung des Schieck'schen bildet und zu 20 Franken ($5^1/_3$ Thaler) notirt ist, sind indessen so construirt, dass man die Glasplatten entfernen und andere einsetzen kann.

Fig. 192.


Quetscher von Schmidt und Haensch.

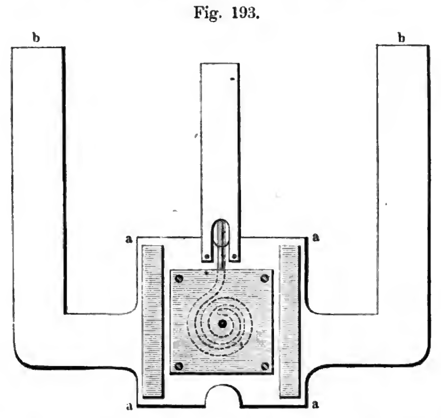
Amici's Quetscher. Amici hat den Quetscher in der Art vereinfacht, dass er den an einer festen Achse befindlichen Hebel in eine halbkreisförmige Gabel endigen lässt, deren Enden nach unten klauenförmig eingebogen sind und auf das Deckplättchen unmittelbar drücken, sobald das hintere Ende mittelst der Schraube gehoben wird. Diese Einrichtung, so empfehlenswerth sie auch in Bezug auf den Kostenpunkt sein

möchte, genügt der Aufgabe der Quetscher durchaus nicht in vollem Maasse, indem der nur von zwei Punkten ausgehende Druck keinesweges hinreichend gleichmässig sein kann.

Der heizbare Objecttisch.

Max Schultze's Objecttisch. Schon ziemlich früh ist das Bedürfniss erkannt worden, manche mikroskopische Objecte während der

Fig. 193.



Beobachtung einer erhöhten Temperatur auszusetzen und wurden mancherlei Vorrichtungen zu diesem Zwecke verwendet. Keine derselben indessen, mochten sie nun einen complicirteren Bau besitzen, wie z. B. die Chevalier'sche Vorrichtung an dessen umgekehrtem Mikroskope, oder von der einfachsten Natur sein, wie die von Schacht (Mikroskop S. 79) empfohlenen kleinen Wachskerzchen, konnte ihren Zweck vollkommen erfüllen, weil es keine ermöglichte, den angewendeten Temperaturgrad auch nur annähernd zu bestimmen. Professor Max Schultze erst ist es gelungen, eine Vorrichtung zu construiren, welche gestattet, das Object während der Beobachtung jeder beliebigen messbaren, sowohl zu- und abnehmenden, als auf einem bestimmten Grade zu erhaltenden Temperatur auszusetzen. Diese Vorrichtung, von ihrem Erfinder „heizbarer Objecttisch“ genannt, ist dazu bestimmt, auf den Objecttisch des Mikroskopes aufgelegt zu werden, welcher dadurch um etwa 10 Millim. erhöht wird. Hierdurch geht zwar für die stärkeren Objective viel Licht verloren, allein dieser Verlust lässt sich bei den grösseren Stativen durch Verschieben des Spiegels, bei anderen durch Anwendung der früher beschriebenen Beleuchtungslinse leicht ausgleichen.

Der Apparat besteht aus einer Messingplatte von 1 bis 2 Millim. Dicke, deren mittlerer Theil in Grösse und Form mit dem gewöhnlichen Objecttisch des gebrauchten Mikroskopes in Uebereinstimmung steht. Von diesem Theile aus gehen nach beiden Seiten etwa 30 Mm. breite Arme *b, b* aus, welche nach kurzem Verlaufe in rechtem Winkel nach vorn umbiegen und dann noch eine Länge von 170 bis 200 Mm. besitzen. Diese sind dazu bestimmt, die ihnen von kleinen Spirituslampen mitgetheilte Wärme nach dem mittleren Theile zu leiten, der, wenn jene sich unter den beiden Enden befinden und eine nur kleine Flamme entwickeln, eine Temperatur von etwa 35 bis 40° C. annimmt. Der mittlere Theil besitzt nur eine kleine Oeffnung, welche als Blendung wirkt und bei der Befestigung des Apparates immer genau centrirt werden muss. An der Unterseite der Messingplatte sind zu beiden Seiten der Oeffnung zwei von vorn nach hinten laufende, vierkantige Holzleisten *a a* befestigt, mittelst deren sie auf dem Objecttische ruht, und durch welche eine Mittheilung der Wärme an diesen, sowie eine Berührung des zu dem heizbaren Tische gehörenden Thermometers mit demselben verhindert wird. Das letztere besteht aus einem spiralförmig gewundenen Quecksilberbehälter von zwei Windungen, von dem aus sich die an einer dem Tische angeschraubten, schief aufsteigenden, messingenen, nach Celsius getheilten Scala anliegende Thermometerröhre erhebt. Der Quecksilberbehälter liegt der Messingplatte womöglich mit abgeplatteter Fläche genau an, um deren Temperatur schnell anzunehmen. Ein niedriges Kästchen aus Messingblech schützt denselben einerseits vor Verletzungen, andererseits bewahrt es ihn vor Abkühlung und erwärmt ihn, die Temperatur des Tisches annehmend, auch noch von der anderen Seite. In der Mitte des Kästchens ist eine conische, innen geschwärzte Blendung eingesetzt, deren Oeffnúng etwa denselben Durchmesser hat, wie die Cylinderblenden.

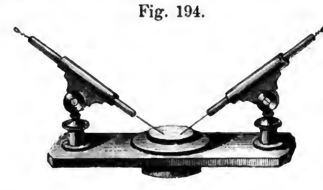
Zur Befestigung des heizbaren Objecttisches kann man sich entweder der für die Federklammern bestimmten Oeffnungen des gewöhnlichen Objecttisches bedienen, oder auch zwei Klemmschrauben benutzen, welche passend in entsprechende Vertiefungen der Messingplatte eingelassen werden.

Der elektrische Objectträger.

Nicht weniger wichtig als die erhöhte Temperatur ist die Anwendung elektrischer Ströme auf manche mikroskopische Objecte. Namentlich hat dieses physikalische Reagenz in der neuesten Zeit eine hohe, wenn auch hier und da überschätzte Bedeutung gewonnen, und es wird wohl kaum einen Mikroskopiker geben, der, sich mit der feineren Histiologie der Pflanzen und Thiere beschäftigend, dessen Anwendung versäumen dürfte.

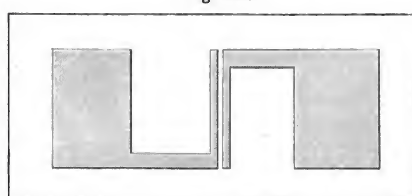
Plössl's Entlader. Eine der ältesten Vorrichtungen für die Durchleitung des elektrischen Stromes durch mikroskopische Präparate ist der von Plössl construirte, dem gewöhnlichen Entlader ähnliche mikroskopische Elektricitätsentlader, welcher auf den Objecttisch gestellt werden kann, und um den Preis von $3^1/_3$ Thaler geliefert wird. Der Gebrauch dieses Instrumentchens hat indessen manche Unzuträglichkeiten. Es schliesst vermöge seiner Construction die Bedeckung der Objecte und die Anwendung von starken Objectiven fast vollständig aus, ist aber für grössere unbedeckt zu beobachtende Objecte, grössere Infusorien, Räderthiere u. dergl., recht zweckmässig.

Fig. 194.



Schacht's und Kühne's Vorrichtungen. In neuerer Zeit haben sich denn in Folge des Mangels eines geeigneten und auch für stärkere Vergrösserungen bequem zu gebrauchenden Apparates manche Mikroskopiker mit höchst einfachen Vorrichtungen beholfen. So kittet Schacht einfach zwei unter das Deckglas reichende Platindrähte auf den Objectträger und verbindet sie mit den Poldrähten des elektrischen Apparates. Kühne befestigt zwei in der nebengezeichneten Weise geformte Platinbleche mittelst Siegellacks auf den Objectträger und beschwert dieselben mit Bleiklötzchen, die mittelst feiner geglühter und schraubenförmig gewundener Eisendrahtstücke mit den Poldrähten verbunden werden. Andere nehmen Objectträger aus Spiegelglas und entfernen den Metallbeleg in der Mitte bis auf zwei schmale sich gegenüberstehende Streifen u. s. w. Alle diese Behelfsvorrichtungen lassen den Beobachter aber immer mehr oder weniger empfindlich im Stiche, und machen demselben einen handlichen, vollkommen dem Zweck entsprechenden Apparat wünschenswerth.

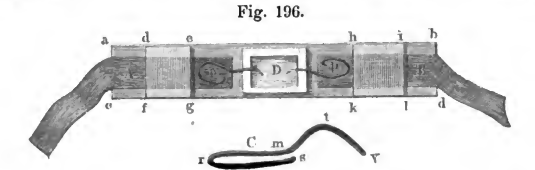
Fig. 195.



Harting's elektrischer Objectträger. Einen recht einfachen elektrischen Objectträger, der mit geringer Modification in der Biegung der Entladungsdrähte auch leicht für bedeckte Objecte verwendet werden kann, hat Harting (Mikroskop S. 429) empfohlen. Derselbe besteht aus einem Glasstreifen *a b c d* von etwa 100 bis 120 Mm. Länge und 30 Mm. Breite, auf welchem zwei etwas schmälere Stanniolstreifen *A* und *B* so aufgeklebt sind, dass zwischen ihnen

ein Raum von etwa 25 bis 30 Mm. frei bleibt, während sie das Glas an beiden Enden etwas überragen. Ueber die Stanniolstreifen sind zwei Glasplättchen *defg* und *hikl* (dicke Deckplättchen) mittelst Harz so befestigt, dass die ersteren vollständig isolirt bleiben, wenn die Federklam-

Fig. 196.

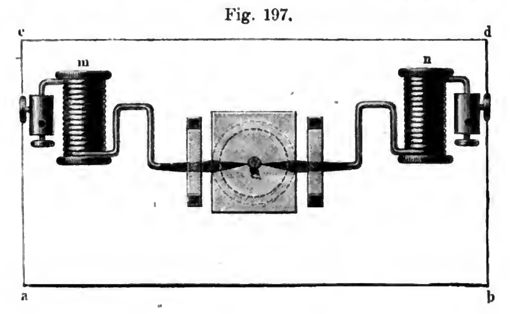


mern des Objecttisches den letzteren aufliegen. Die losen Entladungsdrähte *n* und *p* bestehen aus geglühtem Kupferdraht, oder besser aus Platindraht, und sind in der bei *C* gezeichneten Weise gebogen. Diese Drähte werden auf die Stanniolstreifen aufgelegt und können einander beliebig genähert werden, müssen aber, wenn sie für bedeckte Objecte dienen sollen, an ihren Enden horizontal umgebogen und möglichst dünn sein. Die freien, über den Objectträger herabhängenden Enden des Stanniolstreifens, werden mit den Poldrähten des Elektricitätsträgers verbunden. Die Mängel, welche dieser Vorrichtung ankleben, beruhen darin, dass der Objectträger vermöge seiner Länge leicht überkippt, dass die Verbindung mit den Poldrähten eine nicht hinreichend stabile ist, und dass die gebogenen Entladungsdrähte einerseits die freie Bewegung der Hände beeinträchtigen, andererseits zu leicht der Verschiebung, der Berührung mit den Händen u. s. w. ausgesetzt sind, was bei der Beobachtung immer störend und unbequem ist.

Elektrischer Objectträger von Dippel. Um allen den genannten Uebelständen zu entgehen, habe ich mir folgenden elektrischen Objectträger angefertigt, den ein Jeder mit Leichtigkeit und mit geringem Kostenaufwand nachmachen kann.

Die Grundlage bildet eine nicht zu dünne Spiegelglasplatte *abcd*,

Fig. 197.

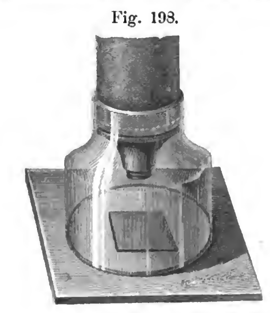


deren Grösse mit der des benutzten Objecttisches genau übereinstimmt. Zu beiden Seiten sind die kleinen Drahtrollen *m* und *n* aufgekittet, welche aus übersponnenen, auf kleine Glasröhren oder Glasstäbe gewundenen dünnen Kupferdrähten bestehen. Die nach Innen gewendeten Enden dieser Drähte sind der leichteren Beweglichkeit halber in horizontaler Ebene rechteckig gebogen und nach vorn dünn ausgeschlagen oder werden durch angelöthete Platinstreifen gebildet, so dass sie leicht unter das Deckglas geführt werden können und dieses nicht zu weit über die Oberfläche des Objectträgers emporheben, damit auch für stärkere Objective die genaue Einstellung nicht behindert wird. Um diesen Enden hinreichende Stabilität zu geben, und sie in eine dem zu beobachtenden Objecte und der gewählten Stromrichtung entsprechenden Stellung und Entfernung von einander bringen und darin festhalten zu können, sind sie unter zwei aus kleinen Glasstückchen bestehenden Rähmchen weggeführt, in denen sie sich etwas schwer verschieben lassen. Zur Verbindung der freien Enden mit den Poldrähten des Elektricitätserregers können entweder einfache Oesen, oder noch besser kleine, um niedrigen Preis zu beschaffende Klemmschrauben dienen. Zur Befestigung auf dem Tische des Mikroskopes können die beiden, gewöhnlich beigegebenen Federklammern benutzt werden, welche hinreichende Beweglichkeit lassen, um das Object in die Mitte des Gesichtsfeldes zu bringen. Will man den Objectträger indessen mit seiner hinteren Seite beweglich in den Falz einer dicken Messingplatte einlassen, so kann man an diese zwei Stifte festschrauben und dieselben in die für die Federklammern bestimmten Löcher einstecken.

Die feuchte Kammer.

Diese Vorrichtung, welche die Verdunstung der Zusatzflüssigkeiten zu verhindern bestimmt ist, wurde von Recklingshausen erdacht und zuerst angewendet. In ihrer ursprünglichen Gestalt besteht dieselbe aus einem etwa 50 Millim. weiten Glasringe, dessen unterer Rand abgeschliffen ist, um genau auf dem Objectträger aufzusitzen. Ueber den Glasring ist ein weites Kautschukrohr festgebunden, dessen oberer Theil über die Mikroskopröhre gezogen und an dieser mittelst einer Gummischnur festgehalten wird. Als Objectträger, welchem der geschliffene Rand des Glasringes aufsitzt, dient eine etwa 70 Mm. lange und 60 Mm. breite Platte aus geschliffenem Glas. In etwas einfacherer Gestalt kann man sich nach Prof. M. Schultze die feuchte Kammer aus dem abge-

Fig. 198.



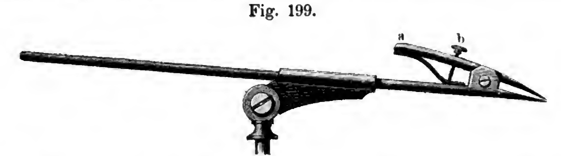
Feuchte Kammer nach Max Schultze.

sprengten unteren Theil eines Lampencylinders herstellen. Der Rand des weiteren Theiles wird dann abgeschliffen, und den oberen engeren Theil füttert man zweckmässig mit Tuch oder weichem Leder aus, damit er dem Rohre des Mikroskopes möglichst anschliesst, ohne dessen senkrechte Bewegung zu hindern oder derselben zu folgen. Obwohl diese letztere Einrichtung der feuchten Kammer an Beweglichkeit etwas eingebüsst hat, so hindert sie doch die Verschiebung des Objectes nicht wesentlich; sie bietet aber den Vortheil, dass man einen freien Einblick in das Innere der Vorrichtung hat. Um den inneren Raum fortdauernd mit Wasserdunst erfüllt zu halten, legt man an der inneren Fläche des Ringes oder des Cylinders einen ungefähr drei Viertheile des Umfanges einnehmenden Streifen Fliesspapier, den man mit Wasser benetzt hat.

Objecthalter.

Für manche, namentlich entomologisch-systematische Untersuchungen gewähren kleine Zängelchen gute Dienste, welche dazu bestimmt sind, um kleine Objecte, die bei auffallendem Lichte von allen Seiten der Beobachtung ausgesetzt werden sollen, in den Focus zu bringen, und daselbst festzuhalten. Sehr zweckmässig hierfür ist die nebenstehende kleine Vorrichtung, welche Hartnack als Mikrophore de Strauss um 20 Franken liefert, indem sie alle erforderlichen Bewegungen

Fig. 199.



zulässt, so dass das betreffende Object leicht und sicher in die gewünschte Lage gebracht werden kann. Der Träger hat am unteren Ende einen Stift, mittelst dessen er in eine der für die Federklammern bestimmten Oeffnungen des Objecttisches eingesteckt werden kann, am oberen dagegen ist er mit einem Charniergelenk versehen, worin sich die federnde Hülse bewegt, in der sich das kleine Zängelchen mit seinem langen runden Arme verschieben lässt. Dieses öffnet sich, wenn man die Schraube *b* weggenommen hat, durch Druck auf den kürzeren Arm *a*, und hält dann mittelst des von der den kürzeren und längeren Arm verbindenden Feder ausgeübten Gegendruckes das Object fest.

Federklammern.

Die Federklammern bilden für manche Fälle, namentlich dann, wenn man das zusammengesetzte Mikroskop zum Präpariren benutzt, eine ganz erwünschte Zugabe zu dem Stative. Ich hätte es kaum für nothwendig

gehalten, dieselben hier besonders zu erwähnen, wenn sie nicht in den meisten Fällen ganz unpraktisch eingerichtet wären. Zunächst dürfen dieselben niemals fest mit dem Objecttische verbunden, sondern sie müssen zum Einstecken eingerichtet sein, damit sie nach Belieben und leicht entfernt und wieder angebracht werden können. Dann ist, wenn sie ihrem Zwecke hinreichend entsprechen sollen, nothwendig, dass dieselben aus Stahl, und nicht, wie es allgemein Sitte ist, aus Messing angefertigt werden, weil dieses nie hinreichend stark federt, um bei vorzunehmender Präparation den nothwendigen Halt zu gewähren.

III. Apparate und Hilfsmittel zur Darstellung der mikroskopischen Präparate.

Wir haben es hier zunächst mit den Apparaten zu thun, mittelst deren man den zu untersuchenden Gegenständen diejenige Form und Beschaffenheit gibt, welche sie zur mikroskopischen Beobachtung geeignet macht, und es reihen sich hieran dann jene Utensilien, welche bei der Beobachtung selbst und zu deren Unterstützung mehr oder minder häufige Anwendung finden.

Da es sich bei der vorbereitenden Präparation hauptsächlich um die Darstellung sehr feiner Durchschnitte handelt, so nehmen unter den hierher gehörigen Apparaten die schneidenden Instrumente den ersten Platz ein.

Rasirmesser und deren Instandhaltung. Die mannigfachste Benutzung sowie die sicherste Handhabung unter allen schneidenden Instrumenten gestatten die Rasirmesser, weshalb der Mikroskopiker mit einem passenden Vorrath derselben versehen sein muss. Man sollte deren immer einige von verschiedener Beschaffenheit besitzen, denn während sich zur Darstellung feiner Schnitte aus thierischen Geweben sowie aus grosszelligen saftigen Pflanzentheilen nur solche mit leichter hohlgeschliffener Klinge eignen, kann man für Hölzer, Samenschalen und dergleichen härtere Gegenstände keine anderen, als solche mit schwererer, möglichst ebener, nicht zu dünner Klinge gebrauchen. Da nun nicht jede Klinge den passenden Härtegrad besitzt, den ihre Verwendung zu unseren Zwecken erheischt, so muss man eben unter einer grösseren Anzahl von Messern die geeigneten sich auswählen, was gerade nicht immer leicht ist und nicht unbedeutende erste Anschaffungskosten erheischt. Wo man daher Gelegenheit hat, da verschaffe man sich alte, von den Barbierern zurückgelegte Messer, unter denen man ein und das andere passende aussuchen und um mässigen Preis erstehen kann.

Die Hauptsache bleibt für die Folge die, dass man sein Rasirmesser, wenn es einmal passend gewählt ist, in gutem Zustande und bei scharfer Schneide erhält, was man immer selber zu besorgen haben wird, da der

Schleifer namentlich in Beziehung auf die Politur der letzterne den Mikroskopiker nie so recht befriedigen kann. Ganz stumpfe, dickschneidige, oder gar schartig gewordene Messer muss man sich allerdings erst von dem Messerschmied oder Instrumentenmacher schleifen lassen, um hierauf zur Herstellung einer tadellosen Schneide zu schreiten.

Zur Erzielung einer guten, hinreichend ebenen und vollkommen polirten Schneide gehört aber eine gewisse Fertigkeit, sowie die Beobachtung mancher Vorsichtsmaassregeln, weshalb es nicht am unrechten Platze sein dürfte, diesen Punkt hier etwas eingehender zu behandeln.

Zunächst bearbeitet man seine Klinge auf dem Abziehsteine, indem man von einem etwas gröberen zu einem feineren übergeht. Zu dem ersten Schleifen sind die weissen französischen Steine mit etwas gröberem Korn sehr geeignet, während zu dem feinsten Schliffe die grauen oder blauen Wassersteine benutzt werden müssen. Zur Benetzung der Steine nehme man Wasser, niemals Oel, denn wenn man mittelst des letzteren eine feinere Schneide zu erlangen glaubt, so beruht dies lediglich auf Vorurtheil. Ferner sehe man darauf, dass der Schleifstein immer eine vollständig ebene Fläche bildet. Ist derselbe durch längeren Gebrauch in der Mitte etwas hohl geworden, so lasse man sich denselben, wo man Gelegenheit dazu hat, wieder ebenen, oder thue dies selbst auf einer ebenen gusseisernen Platte, wobei man als Schleifmittel zuerst Silbersand und dann fein geschlämmten Tripel anwendet.

Beim Schleifen selbst halte man das Messer stets ganz flach, d. h. so, dass Rücken und Schneide gleichzeitig den Stein berühren, und ziehe es mit der Schneide voran und unter stetem Wechseln der Seiten auf dem Steine hin und her. Während der ersten Arbeit darf man einen mässigen Druck ausüben, später aber muss man denselben möglichst vermeiden; ferner achte man darauf, dass das Messer in entsprechender diagonaler Richtung, das Heft stets voran, über den Stein geführt wird, weil dadurch die Schneide weit gleichmässiger ausfällt. Hat man auf diese Weise eine scharfe Schneide hervorgebracht, so schreitet man zu der eigentlichen Politur derselben, um die kleinen, wie man sich mittelst des Betrachtens durch die Lupe überzeugen kann, stets noch vorhandenen Scharten zu beseitigen, welche auf den Schnitt immer insofern nachtheilig wirken, als sie auf ihm Streifen hervorrufen, die bei der Beobachtung mancherlei Störungen und Täuschungen bewirken können. Zur Politur eignet sich kein Verfahren besser, als das von Hugo v. Mohl empfohlene. Auf eine matt und eben geschliffene Spiegelplatte, etwa von der Grösse der Abziehsteine, streiche man mit Wasser zu einem dicken Rahme angerührten Wiener Kalk, und führe darauf, in ähnlicher Weise wie beim Abziehen, aber in kreisförmigen Zügen das Messer hin und her. Durch in kürzeren Pausen wiederholtes Betrachten der Schneide überzeugt man sich von dem Fortschritte der Arbeit. Als vollendet kann man dieselbe betrachten, wenn die Schneide unter der Lupe eine ununterbrochene glänzende Linie bildet.

Will man nach dieser Behandlung noch etwas Weiteres thun, so kann man das Messer auch noch einigemal, den Rücken der Klinge voran und in diagonaler Richtung über den Streichriemen führen. Der letztere ist ausserdem unentbehrlich, um nach kürzerem Gebrauche der Schneide des Messers wieder eine untadelhafte Politur zu geben. Da diese schon nach wenigen Schnitten, namentlich bei härteren Gegenständen, immer etwas verliert, so sollte man es sich zur Regel machen, schon nach kurzem Gebrauch des Messers den Streichriemen wieder in Anwendung zu bringen.

Als Streichriemen eignet sich am besten ein weiches Leder, welches mit der Haarseite nach oben auf eine Unterlage von Holz befestigt ist, und welches man mit einer Mischung von feinem geschlämmtem Eisenoxyd (Englischroth) und Fett, am besten Olivenöl, bestreicht. Da indessen das im Handel vorkommende Eisenoxyd lange nicht fein genug ist, so thut man am besten, sich dasselbe eigenhändig zu bereiten. Vortrefflich ist das nach der von C. Gerstenberger neuerdings empfohlenen Vogel'schen Vorschrift dargestellte Eisenoxyd, weshalb ich dieselbe hier wiedergebe. „Man löst schwefelsaures Eisenoxyd in heissem Wasser und schlägt die reine, filtrirte Lösung mit einer concentrirten Lösung von Oxalsäure nieder. Der gelbe Niederschlag wird abfiltrirt, auf dem Filter getrocknet und in einem Löffel oder Tiegel von Eisen stark ausgeglüht. Die Oxalsäure zerfällt dabei in Kohlenoxyd und Kohlensäure, welche verfliegen, das Eisenoxyd aber bleibt in einer Feinheit zurück, wie man es auf anderem Wege schwer erhalten wird."

Zum raschen Instandsetzen etwas stark angegriffener Schneide habe ich in neuerer Zeit häufig den vierseitigen Streichriemen von Zimmer benutzt und recht geeignet gefunden. Derselbe ist an der einen Seite, 4, mit einem feinen Smirgelsteine belegt, und gestattet somit eine rasche Schärfung des Messers, wenn es etwa während des Schneidens kleine Schäden erlitten hat, ohne dass man zu dem Abziehsteine zu greifen braucht. Vermeidet man durch etwas Vorsicht bei Benutzung dieser Seite das Entstehen eines Grates, so erhält die Schneide dann durch Benutzung der übrigen Seiten 3, 2, und 1 schnell eine untadelhafte Politur. Der Preis beträgt je nach der Grösse $1^1/_4$ oder $1^1/_2$ Thaler.

Scalpelle. Für einzelne Fälle, namentlich zur Anfertigung von Schnitten thierischer Gewebe, leistet neben dem Rasirmesser das Scalpell ebenfalls recht gute Dienste. Zweckmässig hat man von demselben mehrere mit verschieden geformten Klingen (Fig. 200). Als sehr brauchbar für feine oberflächliche Schnittchen weicher thierischer Gewebe empfiehlt Harting ein lancettförmiges, gebogenes Messerchen (Fig. 201 A, B, C), dessen Klinge auf der hohlen Seite ganz eben, auf der erhabenen dagegen in der Mitte verdickt ist.

Valentin's Doppelmesser. Das Valentin'sche Doppelmesser dürfte ebenfalls nur bei der Anfertigung von Schnitten thierischer Gewebe Anwendung finden. Wenigstens habe ich bis jetzt bei der Präparation

vegetabilischer Objecte noch durchaus keine Anwendung davon machen können, welche irgend einen erheblichen Vortheil geboten hätte.

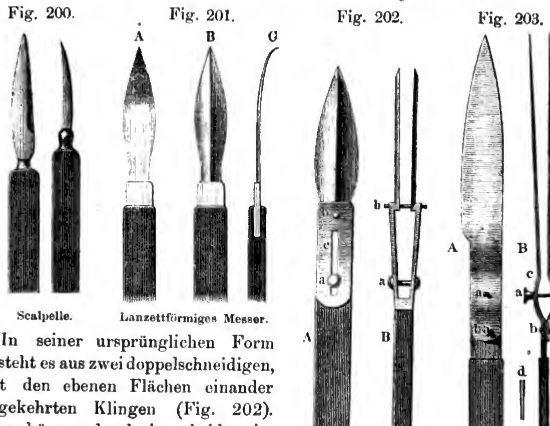


Fig. 200. Scalpelle. — Fig. 201. Lanzettförmiges Messer. — Fig. 202. Valentin's Doppelmesser. — Fig. 203. Harting's Doppelmesser.

In seiner ursprünglichen Form besteht es aus zwei doppelschneidigen, mit den ebenen Flächen einander zugekehrten Klingen (Fig. 202). Diese können durch einen beiderseits geknöpften Stift *a*, welcher sich in einer Rinne vor- und rückwärts schieben lässt, von einander entfernt oder einander genähert werden, wobei dieselben durch einen zweiten Stift *b*, der in einer passenden Oeffnung der einen Klinge gleitet, während er in der anderen festsitzt, in ihrer Stellung erhalten werden.

Diese Form ist mannigfach abgeändert worden. Als wirkliche Verbesserungen können dabei namentlich die von Welcker und Harting angebrachten Modificationen betrachtet werden.

Ersterer bringt in dem vorderen Drittheil der beiden Klingen längs deren Rücken und an deren Innenfläche einen Falz an, welcher nach dem hinteren Theile zu immer seichter wird, und in welchem ein mit einer Handhabe versehener kleiner Reiter hin- und hergeschoben werden kann. Dadurch wird erstlich erreicht, dass man die Klingen von 1 Mm. Abstand an in jede geringere Entfernung von einander bringen kann, indem der Reiter, wenn er den Klingenspitzen nahe sitzt, deren vollständige Schliessung erlaubt. Zweitens wird dadurch verhindert, dass sich die Klingen beim Schneiden durch den von der Seite her wirkenden Druck schliessen.

Harting liess dem Doppelmesser die in Fig. 203 A, B, d dargestellte Einrichtung geben. Der Hauptvortheil dieser Form für die Präparation soll nach seiner Angabe darin liegen, dass durch die zunehmende Entfernung einestheils von der Schneide gegen den Rücken *d*, dann von dem hinteren Theile der Klinge nach der Spitze hin die feinen Schnittchen nicht zwi-

schen den Klingen stecken bleiben. Ein weiterer Vortheil macht sich darin geltend, dass die Entfernung der Klingen nicht durch einen Schieber, sondern mittelst einer Schraube *a* regulirt wird, wodurch es ermöglicht ist, die kürzere Klinge durch Drehung um den Stift bei *b* ganz zurückzuschlagen, so dass man das Instrument nun gründlich reinigen und leicht schleifen kann. Um bei der gewöhnlichen Form des Doppelmessers diese letztere Bequemlichkeit zu erreichen, muss die Rinne der einen Klinge, in welcher sich der geknöpfte Stift bewegt, am hinteren Ende eine runde Oeffnung erhalten, die etwas grösser ist als das Knöpfchen, so dass sich jene ausheben und zurückschlagen lässt.

Zu ähnlichen Zwecken, wie das Doppelmesser, dienen die Doppellanzette und der Doppelmeisel, welche von einzelnen Mikrographen empfohlen werden, die wir indessen hier übergehen können, da ihre Anwendung eine nur beschränkte ist und die Art ihres Gebrauches fast ganz mit der des Doppelmessers übereinstimmt.

Scheeren. Von den kleinen Scheeren, die zur Anfertigung man-

Fig. 204 A. Fig. 204 B.



Anatomische Scheere. Cooper'sche Scheere.

cher Präparate mit Vortheil gebraucht werden können, hat man zwei Arten. Die eine Art (Fig. 204 A) gleicht ganz der gewöhnlichen anatomischen Scheere mit geraden Schenkeln, die andere, sogenannte Cooper'sche, besitzt über die Fläche gebogene Klingen (Fig. 204 B).

Das Schleifen der Scheeren kann man gleichfalls selber besorgen. Es geschieht, indem man die Schenkel derselben auf dem Steine hin- und herzieht, und dabei darauf achtet, dass immer dieselbe Richtung eingehalten wird, d. h. dass sich die Längenachse des Steines und die des Schenkels stets unter demselben Winkel schneiden.

Stahlpincetten. Von Stahlpincetten braucht man in der Regel für feinere Präparationen nur zwei, eine solche mit feinen und eine solche mit breiteren Spitzen, die am besten auf der Innenseite nicht feilenartig gekerbt, sondern ganz glatt sind, indem sie auch so schon für die kleinen Objecte hinreichend Halt gewähren, dagegen diesen weniger Schaden zufügen, als im anderen Falle. Messingpincetten, wie man sie hier und da den Mikroskopen beigegeben findet, taugen durchaus nichts; ebenso sind die sogenannten Schieberpincetten nicht zu empfehlen; für manche Zwecke eignet sich dagegen eine Pincette mit gekrümmten Spitzen recht gut, namentlich wenn man kleine Objecte aus dem Wasser flacher Schalen nehmen will.

Mikrotome. Zur Anfertigung sehr dünner Durchschnitte von härteren Geweben, Pflanzenstengeln, Holzstückchen u. dergl., hat man schon seit länger eigene, unter dem Namen Mikrotome bekannte Instrumente construirt. Solche beruhen im Allgemeinen darauf, dass das Object mittelst einer feinen Schraube nach oben bewegt wird, bis es aus der Oeffnung einer grösseren Platte hervortritt, über welche das schneidende Instrument entweder mittelst der freien Hand oder mittelst mechanischer Mittel bewegt wird.

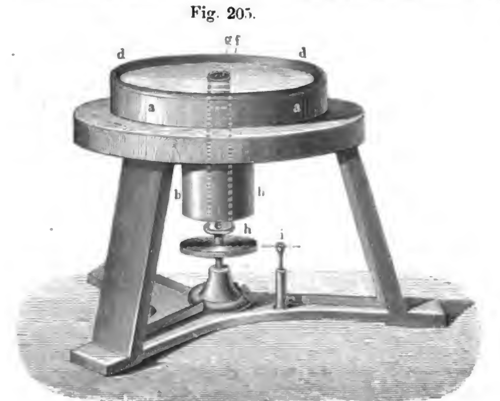
Diese Instrumente hatten sich bis jetzt indessen einer sehr geringen Verbreitung zu erfreuen. Erstlich besitzen dieselben einen Preis, der nicht selten den eines mittleren recht guten Mikroskopes erreicht, oder gar übertrifft. Dann ist ihre Benutzung eine so eingeschränkte, und leisten sie für den praktischen Mikroskopiker verhältnissmässig so Unvollkommenes, dass sich derselbe immer wieder zu den früher genannten einfachen Instrumenten wird wenden müssen.

Wo man allerdings Schnitte von grösserer Ausdehnung und doch gleichmässiger Dicke zu erhalten wünscht, was bei dem Schneiden aus freier Hand nie vollständig zu erreichen ist, da mag das Mikrotom seine Dienste leisten. Bei der eigentlichen wissenschaftlichen Beobachtung kommt jedoch dieser Umstand meistens fast ganz ausser Betracht, da es in der Regel genügt, wenn das Präparat nur einzelne für die Beobachtung geeignete Stellen hat, die bei geschickter Führung des Messers dann auch meist weit besser ausfallen, als bei Anwendung des Mikrotomes. Für solche, die verkäufliche Präparate einer besonderen Art anfertigen,

oder die sich ein Cabinet mehr zur unterhaltenden Beschauung, als zur Controle ihrer eigenen wissenschaftlichen Untersuchungen sowie zur eigentlichen strengen Belehrung anlegen wollen, desgleichen für Lehrer an Real- und anderen Schulen, denen es noch an der nöthigen Fertigkeit im Schneiden fehlt, mag sich das Mikrotom eignen, vorausgesetzt, dass sein Preis der Anschaffung nicht entgegensteht.

Nach dieser Seite hin lässt sich namentlich das nach den Angaben von Prof. Welcker ausgeführte, vom Maschinenmeister J. Daudt und aus der mechanichen Werkstätte von C. Staudinger in Giessen um den Preis von 3 bis 6 Thalern zu beziehende Mikrotom (Fig. 205) empfehlen, das übri-

Fig. 205.



Prof. Welcker's Mikrotom.

gens in einzelnen Fällen auch bei wissenschaftlichen Untersuchungen recht gut Anwendung finden kann.

Aus diesen Gründen werde ich dasselbe hier mit des Erfinders eigenen Worten kurz beschreiben; wer sich weiter darüber zu unterrichten wünscht, den verweise ich auf das kleine Schriftchen von Prof. Welcker: „Ueber die Aufbewahrung mikroskopischer Objecte etc." Giessen 1856.

„Ein tellerförmiges Stück *aa* von 12 Centim. Durchmesser ist an seiner unteren Fläche mit einem Zapfen *bb* von etwa 4 Centim. Durchmesser unbeweglich verbunden. Beide Theile sind centrisch durchbohrt und es besitzt die Oeffnung derselben einen Durchmesser von $1\frac{1}{2}$ Centim. Auf die obere Fläche des Tellers ist eine Glasplatte *c* festgekittet, deren Unterseite geschwärzt ist und deren Mitte eine dem Tellerloche entsprechende Oeffnung besitzt. Die Glasplatte wird von dem oberen Rande *dd* des Tellers um 1 Centim. überragt. Eine Glasröhre *ef* von etwas geringerer Stärke, als die Oeffnung des Tellers, wird nun in den Zapfen

eingeführt und bis zur oberen Oeffnung des Tellers herangeschoben; das betreffende Stück der Glasröhre hat man vorher mit einem leinölgetränkten Papiere in der Art umwickelt, dass die Glasröhre hinreichend festsitzt, doch aber, am unteren, aus dem Zapfen handbreit hervorragenden Ende gefasst und umgedreht, in zartem Gange auf- und niedergeschoben werden kann. Das obere Ende *f* der Glasröhre dient zur Fassung des zu durchschneidenden Gegenstandes, welcher je nach seiner Gestalt in einem durchbohrten oder aufgespaltenen Korke *g* seine Befestigung findet. Nachdem man dem Korke eine solche Stellung gegeben hat, dass er sammt dem Objecte etwa 1 Linie hoch aus der Glasröhre, und ein noch Geringeres über die Oberfläche des Tellers hervorragt, wird das ganze Instrument innerhalb eines Loches, welches man in eine Tischplatte eingeschnitten hat (oder in einer anderen passenden Weise) befestigt."

Zum Schneiden, welches je nach Bedürfniss unter Wasser geschehen kann, dient ein Messer mit planconcaver abschraubbarer Klinge. Nach Führung jedes Schnittes wird das Object durch eine drehende Bewegung der an ihrem unteren Ende gefassten Glasröhre um ein Minimum gehoben, und man hat es ganz in seiner Gewalt, Lamellen von verschiedener und grosser Feinheit zu erzielen.

Das ganze in Gusseisen ausgeführte Instrument kostet bei dem oben genannten Verfertiger Daudt sammt Messer 3 Thaler 25 Sgr. Jede einzelne Klinge 15 Sgr.

Zur mikrometrischen Verschiebung des Objectes wird das Welcker'sche Mikrotom auf einen eisernen Dreifuss gesetzt und daselbst mittelst zweier kleiner Reiber befestigt, oder es ist, wie bei dem Staudinger'schen Mikrotom, fest mit einem schweren Stative verbunden. Auf die Mitte des Dreifussbodens, genau unterhalb der Glasröhre, ist das Muttergewinde einer sich in senkrechter Richtung bewegenden Schraube eingeschnitten, durch deren Umdrehung die Glasröhre nach Belieben aufwärts gehoben wird. Ein Schraubenumgang hebt um 1 Mm., und der scheibenförmige Kopf *h* der Schraube ist an seinem Rande in 50 Abtheilungen getheilt, so dass mit Benutzung eines Index *i* Rückungen um $^1/_{50}$ Mm. mit Sicherheit, unter Benutzung halber Abtheilungen sogar Rückungen um $^1/_{100}$ Mm. ausführbar sind.

Das Instrument besitzt in dieser Form mit seinem Dreifusse ein so beträchtliches Gewicht, dass dasselbe ohne festgeschraubt zu werden bei dem Gebrauche vollkommen ruhig steht. Es kostet bei dieser Ausrüstung 6 Thlr.

In der neuesten Zeit hat Prof. Phöbus aus Giessen auf ein in der Staudinger'schen Werkstätte daselbst erfundenes und angefertigtes grösseres Mikrotom aufmerksam gemacht (Tageblatt der Naturforscherversammlung in Carlsbad 1862), welches bei Anfertigung von feinen Holzschnitten, Schnitten mürber Chinarinden u. dergl. ausgezeichnete Dienste leisten soll. Es steht der Verbreitung dieses Instrumentes indessen, wenn es sich auch sonst bewähren sollte, immer wieder sein hoher Preis

50 Gulden) im Wege, so dass es wohl kaum eine weitere Verbreitung erlangen dürfte.

Apparate zur Herstellung von Knochenschliffen u. dergl. Zur Präparation von harten Substanzen, wie von Knochen, Samenschalen u. dergl., bedarf man einer kleinen Uhrfedersäge, einiger feiner Feilen und mehrerer Schleifsteine.

Die erstere erhält man in jeder Werkzeughandlung unter dem Namen „Laubsäge". Sie besteht aus einem stählernen Bügel mit Griff, an welchen das Blatt mittelst beweglicher Stahlbacken festgeschraubt wird. Der Blätter, die um einen sehr mässigen Preis zu haben sind, kann man mehrere von verschiedener Feinheit vorräthig haben, obwohl man in den meisten Fällen mit den etwas gröberen am besten zum Ziele kommt. Um die Abnutzung der rauh gehämmerten Innenseiten der Stahlbacken zu verhindern, empfiehlt Reinicke, zwischen diese und das Sägeblatt ein Stückchen Kupferblech mit einzuschrauben. Solche Kupferplättchen kann man sich nöthigenfalls selber verfertigen, indem man eine kleine Kupfermünze auf einem Ambosse zu dünnem Blech schlägt und mit der Scheere passende Stückchen abschneidet.

Von den Feilen, die am besten flach sind, muss man mehrere besitzen, von denen jede einen verschieden feinen Hieb hat. Man kann dieselben indessen, wenn man im Besitze geeigneter Schleifsteine ist, ganz entbehren, da die meisten Substanzen bei gehöriger Handhabung das Schleifen noch besser oder mindestens ebenso gut ertragen, wie die Bearbeitung mittelst der Feile.

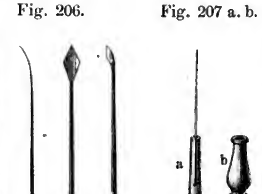
Als Schleifstein eignet sich für die erste Bearbeitung am besten ein drehbarer Stein, weil dadurch die Arbeit ausserordentlich gefördert wird. Ein solcher ist jetzt fast in jeder Stadt um billigen Preis in den Werkzeug- und Instrumentenhandlungen zu erstehen. Man wählt am zweckmässigsten einen solchen von etwa 6 Zoll Durchmesser und feinem, hartem Korne. Der Stein ruht in einem kleinen gusseisernen Troge, den man erforderlichen Falls an einen Tisch anschrauben kann. Man dreht ihn entweder mittelst der linken Hand an der daran befindlichen Kurbel oder bringt an der letzteren eine kleine Tretvorrichtung an, wenn man eben beide Hände frei zu haben wünscht.

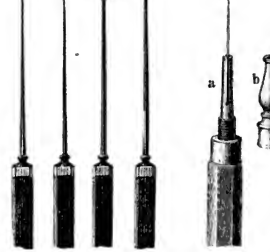
Ausser diesem Steine gebraucht man noch einen harten Abziehstein, wozu sich am besten die sogenannten Arkansassteine eignen, welche neuerdings in den Handel gebracht worden sind. Ebenso geeignet sind auch Steine aus verkieselten Hölzern. Ich selbst habe mir hier einen solchen schleifen lassen und gebrauche denselben mit Vortheil. Die Abziehsteine, welche man zur Schärfung seiner Messer gebraucht, sollte man nie für diese Arbeiten benutzen, da man sie immer mehr oder weniger verdirbt; sie eignen sich dazu ausserdem auch schon deshalb schlecht, weil sie zu weich sind und zu viel Schmutz absetzen.

Präparirnadeln. Eines der für die feineren Präparationen wichtigsten Werkzeuge des Mikroskopikers bilden die Präparirnadeln. Man benutzt

solche von verschiedener Form, die einen mit gerader, die anderen mit gebogener feiner Spitze, oder mit einer kleinen messerartigen Schneide (Fig. 206). Zu den ersteren lassen sich ganz gut feine englische Nähnadeln verwenden, welche man in einem Hefte befestigt. Die messerartigen muss man dagegen von dem Instrumentenmacher beziehen. Als Heft sind die gewöhnlichen Häkelnadelhalter ganz gut zu gebrauchen, bei denen die Nadel mittelst einer Schraube festgehalten wird. Bequemer jedoch, als diese, deren Schraube beim Arbeiten oftmals hinderlich werden kann, sind solche Nadelhalter, deren Stiele am Ende einen metallenen kreuzförmig gespaltenen Ansatz besitzen (Fig. 207 a), in dem die eingesteckten Nadeln mittelst einer übergeschraubten Kappe festgehalten werden (Fig. 207 b). Man kann sich derartige Halter auch leicht selber fertigen. Zu dem Ende lässt man sich von dem Drechsler aus Linden- oder Cedernholz runde, den Stahlfederhaltern ähnliche Stäbchen drehen und befestigt die Nadeln darin auf folgende Weise. Man treibt die Spitze der mittelst eines kleinen Handschraubstockes oder einer flachen Drahtzange festgehaltenen Nadel etwa $^1/_2$ Zoll tief in das weiche Holz, bricht dann das Oesenende ab und schleift das Bruchende etwas zu. Hierauf zieht man die Nadel wieder aus dem Stäbchen und treibt sie mit dem dickeren Ende in das vorher durch die Spitze gemachte Loch, bis sie vollständig festsitzt. Das der Nadel zugewendete Ende des Stäbchens kann schliesslich nach Erforderniss mehr oder weniger zugeschnitten werden. Vor Allem hat man bei der Befestigung der Nadeln in dem Hefte darauf zu sehen, dass die Spitze nicht zu weit heraussteht, weil sie sonst zu leicht federt. Dieselbe muss stets frei von Rost und hinreichend scharf erhalten werden, was man auf dem Abziehsteine unter beständigem Umdrehen der Nadel leicht und vollkommen gut bewerkstelligen kann. Um dabei eine möglichst feine und reine Spitze zu erhalten, ist es zweckmässig, dieselbe während des Schleifens öfter unter der Lupe zu betrachten.

Fig. 206. Fig. 207 a. b.





Präparirnadeln. Nadelhalter.

Schraubstöcke. Ein kleiner Handschraubstock dient zweckmässig zum Festhalten solcher Gegenstände, die man mit der Hand nicht mehr leicht fassen kann, um davon zarte Durchschnitte zu gewinnen. Kleine, etwa injicirte Holzstückchen, nicht zu kleine harte Samen u. dergl. lassen sich damit recht gut festhalten. Dann eignet er sich auch zum Einklemmen solcher Objecte, welche zum Behufe der Anfertigung feiner Schnitte

zwischen Hollundermark- oder Korkplättchen gelegt werden müssen, wovon später das Ausführlichere.

Bei der Bearbeitung sehr harter Gegenstände leistet ausserdem ein grösserer Schraubstock, der an den Tisch festgeschraubt wird, vortreffliche Dienste.

Pinsel, Glasstäbe u. s. w. Einige feine und wohl gespitzte Haarpinsel dienen theils dazu, um die feinen Schnittchen von den Messerklingen aufzunehmen und an ihren Bestimmungsort zu bringen, theils finden sie bei der später zu besprechenden Auspinselung der Präparate Anwendung. Ferner bedarf man einiger stärkerer Pinsel zur Wegnahme überschüssiger Flüssigkeitsmengen.

Glasstäbe, die man sich am Ende rund zugeschmolzen hat, werden benutzt, um kleine Mengen von Wasser oder chemischen Reagentien auf die Objectträger zu übertragen. Ausserdem bedarf man noch einiger anderer Glasgeräthe und Porzellangefässe. Dahin gehören einige Glasglocken zum Abhalten des Staubes von fertigen Präparaten, eine Anzahl Uhrschälchen, theils um etwa darin fertige Schnitte unter Chlorcalcium, Glycerin, Alkohol u. s. w. aufzuheben, theils um solche Schnitte der Einwirkung gewisser chemischer Mittel zu unterwerfen. Einige Kochröhren dienen vorzugsweise zum Aussüssen mancher Präparate, zum Digeriren kleinerer Gegenstände in Wasser, Weingeist u. dergl., zum Kochen von Pflanzentheilen in den später genannten Reactions- und Macerationsmitteln. Kleine sogenannte mikrochemische Abdampfschalen, ebenso einige kleine Porzellantiegel lassen sich ebensowohl bei den chemischen Reactionen, als bei der Vorbereitung der Objecte, Maceration, Einäscherung u. dergl. verwenden, und eignen sich namentlich die ersteren hierzu oft weit besser als Uhrgläschen. Zwei bis drei grössere flache Porzellangefässe, am einfachsten weisse Untertassen, nehmen die einen das bei der Beobachtung nöthige Wasser, die anderen die schon benutzten Objectgläser und Deckgläschen auf, um sie feucht zu erhalten und später leichter und vollständiger reinigen zu können. Endlich bedarf man sehr häufig einer kleinen Spritzflasche, wie man deren in jedem chemischen Laboratorium hat.

Eine grössere Spirituslampe, am besten aus Glas, wird vorzüglich bei den mikrochemischen Arbeiten sowie bei der Maceration benutzt. Zwei kleinere wird derjenige gebrauchen, welcher den oben beschriebenen heizbaren Objecttisch benutzt.

Um die Uhrschälchen, Kochröhren, Abdampfschälchen und Tiegelchen aufzunehmen, in denen man Präparate der Einwirkung der Wärme aussetzen will, bedarf man zweier Halter, eines solchen für kleine Abdampfschalen mit rundem Ring und eines anderen zum Festhalten der Reagenzcylinder. Auch ein kleiner Dreifuss aus Messing mit Drahtnetz und mit verschieden weiten Ringen wird in dieser Beziehung gute Dienste leisten und ist namentlich zu manchen Zwecken fast unentbehrlich.

Luftpumpe. Zum Austreiben der Luft aus solchen Präparaten, wo oft kein anderes Mittel helfen will, ebenso zu der später zu besprechenden

Injection von Pflanzentheilen etc. leistet eine kleine Luftpumpe ausgezeichnete Dienste. Die gewöhnliche kleine Luftpumpe der Laboratorien ist dazu ausreichend. Wenn eine solche indessen nicht zu Gebote steht, oder wenn deren Verwendung zu unbequem ist, dann lässt man sich zweckmässig eine eigens zu mikroskopischen Zwecken dienende kleine Luftpumpe anfertigen, die um den Preis von 4 bis 6 Thlr. zu erstehen ist. Ich besitze eine solche in der von Schacht angewendeten Form (Fig. 208), und kann dieselbe aufs Wärmste empfehlen. Es ist dies eine Ventilluftpumpe mit etwa 6″ langem Stiefel, an dessen unteres Ende die glockenförmigen Recipienten angeschraubt werden, deren man einige von verschiedener Grösse besitzen muss. Einige Kolbenstösse sind in der Regel hinreichend, um die Luft aus einem Präparate, das im Wasser liegt, zu entfernen, so dass es in dem letzteren zu Boden sinkt. Zur Injection bedarf es gewöhnlich eines etwas länger andauernden Auspumpens.

Fig. 209.

Unger's Luftpumpe.

Fig. 208.

Luftpumpe nach Schacht

Einfacher und weniger kostspielig ist die von Unger in seiner Anatomie und Physiologie der Pflanzen empfohlene kleine Injectionspumpe (Fig. 209), die man sich mit wenig Mühe und um geringen Preis selber anfertigen kann, die indessen auch den genannten Zwecken nicht in so vollkommenem Maasse entspricht, wie das beschriebene Instrumentchen. Dieselbe besteht aus einer 10 bis 12″ langen, 10 bis 12‴ weiten, unten zugeschmolzenen Glasröhre, in der sich ein luftdicht schliessender, mit einem nach oben sich öffnenden Ventil versehener Kolben auf- und abbewegen lässt.

Injectionsspritze. In der thierischen Histiologie findet die In-

jectionsspritze (Fig. 210) eine nicht unbedeutende Anwendung. Wer sich vielfach mit dergleichen Injectionen thierischer Präparate befasst, muss davon mindestens zwei von verschiedenem Inhalt und mit einer nicht zu kleinen Anzahl verschieden weiter Canülen besitzen, da sich kleine Spritzen ebensowenig zur Injection grösserer Gefässe als eine grosse zur Ausfüllung der zartesten und feinsten Gefässe eignet. Man muss das Instrument in der Regel vom Instrumentenmacher beziehen, da zur Aushülfe oder zum Ersatz der eigentlichen Spritze bestimmte einfachere Apparate doch nur höchst selten ihrem Zwecke entsprechen. Ich beschränke mich daher hier auf dessen Erwähnung und Abbildung, ohne mich auf eine nähere Beschreibung seiner Einrichtung und Behandlung einzulassen, welche füglich in einem der folgenden Abschnitte ihren Platz finden kann.


Fig. 210.

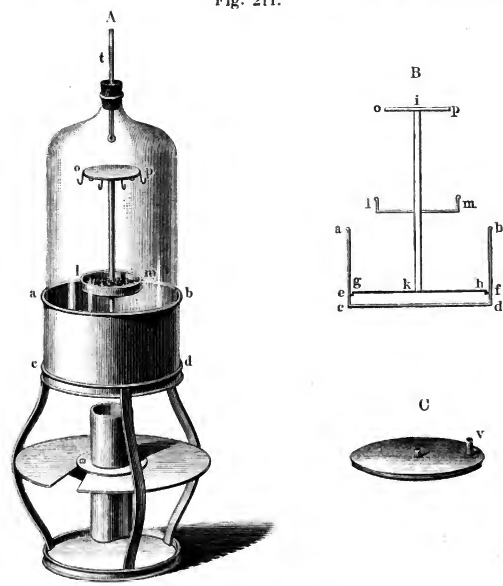

Injectionsspritze.

Trockenapparat. Einen weiteren, für den Zoohistiologen wünschenswerthen Apparat dürfte der von Harting (Mikroskop S. 383) empfohlene Trockenapparat bilden, der nicht allein den Staub von den zu trocknenden Objecten abhält, sondern auch die Regulirung der anzuwendenden Wärmegrade gestattet (Fig. 211). *abcd* ist ein runder, oben offener Behälter aus Eisenblech, der zwei Böden *cd* und *ef* besitzt, von denen der letztere blos auf einem Vorsprunge liegt und entfernt werden kann, und deren Zwischenraum mit Sand gefüllt wird. Auf dem oberen Boden liegt der runde Fuss *gh* (Fig. 211 B) auf, in dessen Mitte sich die Säule *ik* erhebt. An letzterer ist etwa im ersten Drittheil ihrer Höhe das runde Kästchen *lm* befestigt, welches mit Chlorcalcium gefüllt wird, und deren Spitze trägt die runde Scheibe *op*. Ein paar an dieser Scheibe angebrachte Häkchen dienen dazu, um die zu trocknenden Objecte mittelst Drähten aufzuhängen, während auf Glasplatten ausgebreitete Gegenstände einfach der Scheibe aufgelegt werden. Die auf dem oberen Boden *ef* ruhende Glasglocke, welche das Ganze nach oben bedeckt, nimmt in ihrem Halse das Thermometer *t* auf. Der untere aus Messing bestehende Boden ruht entweder auf einem fest damit verbundenen Fussstück oder wird auf einen Dreifuss befestigt. Als Wärmequelle dient eine Argand'sche Lampe oder noch besser eine kleine Erdöllampe, wie man sie jetzt häufig als Nachtlampe benutzt.

Objectträger. Die Objectträger, welche dem zur Beobachtung hergerichteten Gegenstande als Unterlage dienen, müssen aus möglichst reinem, blasenfreiem Glase bestehen. Sehr gut eignen sich zur Herstellung derselben Abfälle von Spiegelglas, welche man sich leicht um geringe Kosten in grosser Menge verschaffen kann. Das Glas darf jedoch nicht zu dünn

sein, weil es sonst leicht zerbrechlich ist; ebenso soll es aber auch nicht

Fig. 211.



Harting's Trockenapparat.

über 2 Mm. Dicke haben. Ob seine Farbe rein weiss ist, oder einen Stich ins Grüne oder Blaugrüne hat, kommt nicht in Betracht.

Zwei der wesentlichsten Eigenschaften der Objectträger machen Form und Grösse aus. Es kommen bei Bestimmung derselben mancherlei Gründe in Betracht, die sowohl für die unmittelbar bei der Beobachtung benutzten Gläschen, als bei denen, welche zur Aufbewahrung von Präparaten bestimmt sind, Geltung haben. Zunächst soll der Objectträger eine Grösse und Form haben, die es ermöglichen, nicht gar zu kleine Präparate darauf mit Bequemlichkeit unterbringen und mit einem passenden nicht zu kleinen Gläschen bedecken zu können; er muss ausserdem gestatten, alle diejenigen Operationen auf ihm ohne Beengung auszuführen, welche unter dem einfachen oder zusammengesetzten Mikroskope vorgenommen werden müssen, um entweder das Object vollständig zur Beobachtung vorzubereiten, oder um ihm im Laufe dieser möglichst viele Seiten abgewinnen zu können. Er darf aus diesen Gründen namentlich nicht zu schmal sein.

Zweitens ist darauf zu sehen, dass der Objectträger mit Leichtigkeit und Bequemlichkeit unter dem Mikroskope gehandhabt, namentlich ohne Beengung und ohne Gefahr des Ueberkippens auf dem Objecttische bewegt werden kann. In dieser Beziehung ist namentlich das Hervorragen über den Rand des nicht zu kleinen Objecttisches zu vermeiden, also für die Länge des Glastäfelchens ein entsprechendes Maass zu wählen.

Drittens ist eine möglichst geringe Zerbrechlichkeit und endlich eine solche Form erwünscht, welche den Objectträger bequem und gefällig in die Präparatensammlung einordnen lässt und dabei gestattet, neben dem Präparate die nothwendigen Bezeichnungen anzubringen. Das Verhältniss zwischen Länge und Breite wird durch die letzteren Erwägungen namentlich bestimmt.

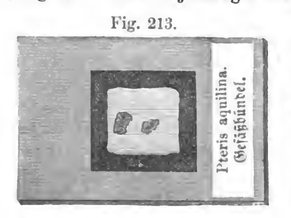
Als unter allen Umständen unbequem und unzweckmässig sind die unverhältnissmässig langen und schmalen Objectträger (Fig. 212) zu erklären, wie sie früher angewendet wurden und wie sie noch gegenwärtig Bourgogne, die englischen Optiker, sowie Hartnack und Bénèche ausgeben.

Fig. 212.



Namentlich sind dieselben bei der eigentlichen Beobachtung fast gar nicht zu gebrauchen. Ich habe dieselben daher schon seit 12 Jahren verlassen und mich solcher von etwa 2″ Länge und $^5/_4$″ Breite bedient. Diese Form war aber auch noch ein wenig gross und habe ich mich später für Objectträger von 45 Mm. Länge und 30 Mm. Breite entschieden, eine Grösse, die, wenn ich nicht irre, auch von H. v. Mohl empfohlen worden ist, Fig. 213. Der Objectträger vereinigt bei dieser Grösse und Form alle Eigenschaften, welche man von ihm fordern kann, und werden sich nur wenige Präparate finden, zu deren Aufbewahrung er zu klein erschiene. Selbst in Betreff des Schönheitsgefühles muss ich dieser Form den Preis zuerkennen, und ist es mir kaum begreiflich, wie man aus Gründen der Eleganz Objectträger empfehlen kann, bei denen das Verhältniss der Breite zur Länge gleich 1 : 3 ist.

Fig. 213.



Das früher von dem Giessener Tauschverein vorgeschlagene Format von 37 Mm. Länge und 28 Mm. Breite war etwas zu klein, und hat derselbe, wenn ich nicht irre, in neuerer Zeit die Länge auf 48 Mm. ver-

grössert. Wenigstens besitzen die von Wetzlar aus ausgegebenen Objectträger diese Dimensionen, und werden solche von Vogel in seiner Preisliste so angegeben. Ich halte übrigens die etwas grössere Breite von 30 Mm. und die oben angegebene Länge noch für passender. Wer sich indessen mit dem genannten Vereine in Verkehr setzen will, der wird sich an das von ihm bestimmte Maass halten müssen. Objectträger von den beschriebenen Formen 48 zu 28 Mm. oder 45 zu 30 Mm. kann man um einen sehr billigen Preis, je 100 Stück zu 10 Silbergroschen (36 Kreuzer), vom Glasermeister H. Vogel in Giessen beziehen. Wünscht man dieselben mit abgestumpften Ecken, so erhöht sich der Preis um 3 Sgr. 4 Pf. (12 Kreuzer).

Für manche dickere Gegenstände, die man unter Wasser oder anderen Flüssigkeiten zu beobachten wünscht, eignen sich Objectträger mit concavem Ausschliff. Dieselben werden auf Verlangen von den Optikern geliefert, sind aber immer etwas theuer. Man kann sich ähnliche Objectträger selbst anfertigen, wenn man in der Mitte der gewöhnlich gebrauchten einen kreisförmigen Wall von irgend einem Lack, von Wachs oder Kitt anbringt.

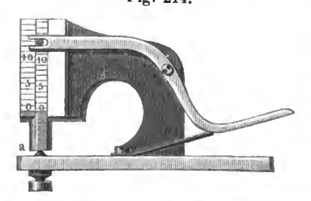
Die von einzelnen Mikrographen empfohlenen Glaströge etc. zum Präpariren mancher Gegenstände sind für die allermeisten Fälle ganz und gar entbehrlich, und bilden mehr einen Luxusapparat, als ein nothwendiges Hilfsmittel.

Deckgläser. Zum Bedecken der unter Wasser oder anderen Flüssigkeiten zu beobachtenden Objecte verwendet man kleine quadratische oder rechteckige Täfelchen aus dünnem, blasenfreiem und ebenem Glase, welche unter dem Namen Deckgläser um einen verhältnissmässig sehr geringen Preis von den Optikern oder auch aus anderen mechanischen Werkstätten bezogen werden können.

Es ist gut, wenn man Deckgläser von verschiedener Dicke vorräthig hat, um damit je nach Bedürfniss wechseln zu können. Für die schwächeren Objectivsysteme eignen sich solche von 0,5 bis 0,25 Mm., während man bei den stärkeren und stärksten oft zu noch dünneren von etwa 0,2 bis 0,1 Mm. greifen muss.

Für manche Objectivsysteme ist es erforderlich, die Dicke des Deckglases genau zu ermitteln, weil dieselben nur bei einer bestimmten Stärke desselben ein gutes Bild gewähren. Als sehr zweckmässig zu diesem Behufe kann ich das hierneben abgebildete von Zeiss in Jena erfundene und um den Preis von 3 Thlr. (nebst Etui) abzulassende Instrumentchen empfehlen, Fig. 214.

Fig. 214.



Man schiebt bei der Messung das Deckgläschen bei *a* ein, wodurch der

durch eine, mittelst Feder regulirte, Hebelvorrichtung verschiebbare Nonius um dessen Dicke gehoben wird. Das Maass liest man mit Hilfe seiner und der festen Scala ab, wobei es leicht ist, noch Bruchtheile des Zehntelmillimeters zu schätzen.

Was die Grösse der zu verwendenden Deckgläschen betrifft, so ist eine solche von 15 bis 18 Mm. Seite im Quadrat bei der Beobachtung entschieden einer kleineren vorzuziehen. Kleinere Gläschen von 10 bis 12 Mm. im Quadrat können dagegen oft recht gut bei der Aufbewahrung von Präparaten gebraucht werden, und es haben dieselben vor den grösseren sogar den Vorzug, dass der luftdichte Verschluss bei ihnen weit leichter gelingt, als bei jenen. Für stärkere Objectivsysteme mit breitem Rande und kurzem Focalabstand haben dieselben dagegen den Nachtheil, dass man, namentlich wenn das Präparat nicht ganz in der Mitte liegt, auf den Wall von Lack oder Firniss aufstösst und oft das Objectiv nicht in dem erforderlichen Maasse dem Gegenstande zu nähern vermag, so dass sich für zartere, stärkere Vergrösserungen verlangende Präparate unter allen Umständen die erstgenannte Grösse der Deckgläschen empfehlen dürfte.

Von dem Glasermeister Vogel in Giessen erhält man $^1/_{10}$ bis $^1/_{15}'''$ dicke Deckgläschen von 10, 12, 15 und 18 Mm. Seite im Quadrat je 50 Stück zu $3^1/_2$ bis 10 Sgr. Solche von rechteckiger Form sind etwas theurer und kosten die kleineren von 14 Mm. Länge und 9 Mm. Breite schon 4 Sgr. (12 Kreuzer), die grössten von 26 Mm. Länge und 21 Mm. Breite etwa 24 Sgr. (1 Fl. 24 Kreuzer) je 50 Stück.

IV. Zusatzflüssigkeiten und Reagentien.

1. Zusatzflüssigkeiten.

Unter Zusatzflüssigkeiten hat man alle jene Flüssigkeiten zu verstehen, welche bei der mikroskopischen Beobachtung selbst zur Einhüllung des Objectes dienen. Je nach den Zwecken, welche man zu erreichen beabsichtigt, wird die anzuwendende Zusatzflüssigkeit eine andere sein müssen, und muss eine bestimmte Entscheidung für eine solche von vorausgegangenen Versuchen oder von den genauesten Erwägungen über die Beschaffenheit des zu untersuchenden Gegenstandes abhängen. Am häufigsten finden wässerige Flüssigkeiten, fette und flüchtige Oele sowie flüssige Harze Verwendung.

Die bis jetzt am meisten in Gebrauch gewesene Zusatzflüssigkeit ist das Wasser. Es ist in dieser Beziehung von vielen Seiten vorgeschlagen worden, nur destillirtes Wasser zu verwenden. Häufig reicht man indessen auch mit einem reinen und klaren Bach- oder Brunnenwasser aus und in einzelnen Fällen ist dieses sogar dem destillirten Wasser vorzuziehen, weil es weniger verändernd auf die Objecte wirkt als ganz rei-

nes, säure- und salzefreies Wasser. Wo man nicht leicht grössere Mengen destillirten Wassers haben kann, da verschafft man sich dieselben leicht während des Winters. Sammelt man zu dieser Jahreszeit auf dem freien Felde Schnee, lässt diesen aufthauen, und filtrirt, so erhält man ein dem destillirten in Nichts nachstehendes Wasser, welches sich in gut und luftdicht schliessenden Flaschen lange Zeit aufheben lässt, ohne zu verderben. Im Sommer thut im Freien aufgefangenes und filtrirtes Regenwasser dieselben Dienste. Brunnenwasser, welches etwa zu reich an Kalksalzen sein sollte, kann man durch Abkochen verbessern.

Das Wasser ist indessen nicht für alle Fälle eine geeignete Zusatzflüssigkeit, indem es auf eine ganze Reihe zarterer pflanzlicher und namentlich thierischer Gewebe mehr oder minder starke Einwirkungen äussert. Von den meisten, aus härterem Gewebe und Gewebetheilen bestehenden Präparaten aus der Pflanzenhistiologie wird es indessen gut vertragen. Dasselbe gilt für eine kleinere Reihe von thierischen Geweben, auf welche später zurückzukommen ist.

Für zarte in der Entwicklung begriffene Pflanzengewebe habe ich nach meinen Erfahrungen bis jetzt höchst verdünnte Gummilösung, eben so Kochsalz-, Zucker- und Eiweisslösung vollkommen ausreichend gefunden. Die Untersuchungen in der thierischen Entwickelungsgeschichte und Gewebelehre erfordern dagegen, wie uns die neuesten Forschungen auf diesen Gebieten belehren, eine noch weit sorgfältigere Beachtung der jeweiligen Zusatzflüssigkeit. Hier müsste eigentlich der von Harting schon ausgesprochene Grundsatz in Anwendung kommen, dass man jedes Gewebe nur in einer solchen Zusatzflüssigkeit untersuchen solle, welche sowohl nach Art, als nach Menge ihrer Bestandtheile derjenigen gleichkomme, von welcher das lebende Gewebe umspült und durchtränkt wird. Allein die strenge Durchführung dieses Grundsatzes findet in der Ausübung gar mancherlei Hindernisse. Und so muss es sich denn der Mikroskopiker angelegen sein lassen, möglichst indifferente, d. h. die Gewebe und deren Bestandtheile möglichst wenig oder gar nicht verändernde Zusatzflüssigkeiten anzuwenden und für jeden einzelnen Fall eben diejenige herauszufinden, welche keine, oder doch nur eine geringe Einwirkung auf das Object übt. Man hat von solchen indifferenten Zusatzflüssigkeiten in neuester Zeit Glaskörperflüssigkeit, Blutserum, Fruchtwasser, ebenso Eiweisslösung, sowie höchst verdünnte 1- bis $1^1/_2$procentige Salz- und Zuckerlösungen empfohlen und verwendet, wobei dem Mikroskopiker in Bezug auf die Bewahrung solcher bekanntlich leicht verderbenden Flüssigkeiten der Umstand zu statten kommt, dass nach einer von Prof. Max Schultze mitgetheilten Erfahrung Landolt's thierische Flüssigkeiten leicht und lange Zeit hindurch vor Zersetzung bewahrt werden können, wenn man denselben ein Stückchen Kampfer zugibt, oder dieselben mit Jodtinktur oder einer Auflösung von Jod in Jodwasserstoffsäure versetzt. Als eine alle anderen der genannten übertreffende, der allgemeinsten Anwendung fähige Zusatzflüssigkeit ist von Prof. Max Schultze das

Fruchtwasser von jungen Wiederkäuer-Embryonen erkannt und empfohlen worden. Dasselbe lässt sich durch Zusatz von Jodtinktur, Jod in Substanz oder Jodwasserstoffsäure vor Fäulniss bewahren und selbst monatebis jahrelang aufbewahren. Um das richtige Maass des zuzusetzenden Jodpräparates zu treffen, dient als Anhaltspunkt entweder die Färbung oder der Geruch. Sobald die Flüssigkeit, von Schultze Jodserum genannt, die Farbe eines normalen Urines angenommen hat und der Geruch nach Jod sich geltend zu machen beginnt, ist von den Jodpräparaten die genügende Menge vorhanden.

In grösseren Städten hat man leicht Gelegenheit, zureichende Mengen von Fruchtwasser der Wiederkäuer zu erhalten; in kleineren Orten geht dies aber weniger an. Hier wird man sich meistens mit künstlich bereitetem Jodserum behelfen müssen. Beachtet man dabei genau die Mengen von Wasser, Eiweiss, Salzen u. s. w., welche an der Zusammensetzung des Fruchtwassers Theil nehmen, so lässt sich leicht eine geeignete Flüssigkeit herstellen und in derselben Weise vor Verderbniss bewahren, wie es eben angegeben wurde. Ich selbst habe mich mehrfach bei einzelnen, mit meinen Arbeiten über Zellstructur und Zellenbildung correspondirenden Untersuchungen aus der thierischen Histiologie solcher Mischungen bedient und war von der Brauchbarkeit vollständig befriedigt. Die von mir verwendete Mischung besteht je nach Umständen aus 1000 Gran destillirtem Wasser, 25 bis 100 Gran flüssigem Hühnereiweiss und 5 bis 10 Gran Kochsalz mit dem erforderlichen Zusatz von Jod.

Manche Gegenstände, welche unter Wasser oder unter einer der genannten wässerigen Flüssigkeiten beobachtet eine zu geringe Durchsichtigkeit besitzen würden, um ihre Structurverhältnisse mit hinreichender Klarheit erkennen zu lassen, umgibt man mit einem Mittel, welches das Licht stärker bricht, als jene. Je nach dem Grade der Aufhellung, den ein Präparat erfordert, wendet man entweder verschiedene Zusatzflüssigkeiten, oder, wo dies angeht, verschiedene Concentrationsgrade ein und derselben Zusatzflüssigkeit an.

Für Objecte, welche von Wasser mehr oder minder durchdrungen erscheinen, eignet sich als Zusatzflüssigkeit vor allen anderen das Glycerin, welches einen Brechungsexponenten von 1,475 besitzt, während jener des Wassers gleich 1,336 ist. Je nach Bedürfniss kann das Glycerin noch mit Wasser verdünnt werden, wodurch der Brechungsexponent im Verhältniss zu dem Mischungsverhältnisse herabgedrückt wird. So ist z. B. derjenige einer Mischung aus gleichen Theilen Glycerin und destillirtem Wasser gleich 1,40. Für trockene Gegenstände oder solche, welchen ohne Nachtheil ihr Wasser entzogen werden kann, verwendet man fette oder flüchtige Oele, oder auch Lösungen von Harzen, je nachdem das Object eine Zusatzflüssigkeit von grösserer oder geringerer Brechungskraft verlangt.

Von den flüchtigen Oelen sind es vorzugsweise das Terpentinöl, das Citronenöl und das Anisöl mit Brechungsexponenten von 1,476,

1,527 und 1,811, welche man bisher als Zusatzflüssigkeiten benutzt hat; in neuester Zeit ist als solche das Nelkenöl empfohlen, welches mit den aufhellenden Eigenschaften noch einige andere verbindet, die ihm eine ausgedehnte Anwendung für den Mikroskopiker sichern. Der Canadabalsam ist die einzige Harzlösung, welche man bis jetzt als Zusatzflüssigkeit benutzt hat; vielleicht dürfte sich aber für manche Fälle, da dessen Brechungsexponent nur 1,532 ist, ein stärker brechender Balsam, etwa der Tolubalsam mit dem Brechungsexponenten 1,628, empfehlen.

2. Reagentien.

Die mikrochemischen Reagentien, deren Zahl sich in der neuesten Zeit nicht unbedeutend vermehrt hat, dienen zu mancherlei Zwecken, und haben im Allgemeinen in der Praxis des Mikroskopikers einen verhältnissmässig viel weiteren Wirkungskreis als in dem Laboratorium des Chemikers. Zunächst dienen dieselben dazu, um über die chemische Beschaffenheit und Zusammensetzung einzelner Inhaltspartieen organischer sowohl als anorganischer Natur, sowie gewisser Gewebe und Gewebetheile Aufschluss zu geben, und nur soweit ist ihre Anwendung eine der im Laboratorium gepflogenen ähnliche. Dann aber werden sie auch vorzugsweise gebraucht, um ganze Gewebe in einen für die Beobachtung und die Präparation geeigneten Zustand zu bringen, um miteinander innig verbundene Elementarorgane durch ihre Einwirkung theils wirklich von einander zu trennen, theils für das beobachtende Auge insofern zu scheiden, als sie durch ihre verschiedenen Eingriffe in die physikalische und chemische Constitution derselben ein verschiedenes Verhalten gegen das Licht hervorrufen und dieselben gesondert hervortreten lassen. Man könnte insofern von chemischen Reagentien im engeren Sinne und sodann von präparativen und morphologischen Reagentien sprechen. In Bezug auf die letzteren sind in der neueren Zeit die Methoden am meisten ausgebildet und ist ihre Anwendung in Folge dessen eine sehr umfang- und erfolgreiche geworden. Eine strenge Scheidung in diese verschiedenen Gruppen lässt sich indessen nicht durchführen, indem ein und dasselbe Reagenz bald in der einen, bald in der anderen Weise wirkt, bald beide Einwirkungsweisen zugleich in sich vereinigt. Wir werden dieselben daher nach chemischer Reihenfolge betrachten.

Salzbildner.

Jod. Das Jod wird in Substanz hauptsächlich nur als Präservativ bei den oben erwähnten thierischen Zusatzflüssigkeiten benutzt. Da, wo man indessen seine allmälige Einwirkung auf gewisse Körper studiren will, wie z. B. bei Stärkemehluntersuchungen, kann man dasselbe auch in kleinen Splitterchen der Zusatzflüssigkeit, resp. dem Wasser beifügen, von welchem

das Object umgeben ist. Weit ausgedehnter ist seine Anwendung namentlich in der Pflanzenhistiologie in Form der alkoholischen oder wässerigen Lösung.

Die alkoholische Jodlösung, auch Jodtinktur genannt, bereitet man am besten von der Stärke, dass noch etwas Jod im Ueberschuss vorhanden ist. Dieselbe lässt sich dann leicht bis zu beliebigem Grade verdünnen, wobei immer etwas Jod ausgeschieden wird.

Die wässerige Jodlösung wird am besten als eine Composition von Jod und Jodkalium bereitet, weil sich ersteres in reinem Wasser nur in sehr geringer Menge (1 in 700 Theilen) löst. Man stellt dieselbe dar, indem man zuerst 3 Gran Jodkalium in einer Unze destillirten Wassers löst und dann dieser Lösung 1 Gran metallisches Jod zusetzt. Statt dieser Bereitungsweise ist auch eine vorgängige Lösung des Jodes in Glycerin und darauf folgender Wasserzusatz zu empfehlen, namentlich auch deshalb, weil die Jodglycerinlösung für sich z. B. bei Untersuchungen über Klebermehl u. s. w. mannigfacher Anwendung fähig ist.

Die verschiedenen Jodpräparate dienen sowohl zur Sichtbarmachung sehr durchsichtiger Elementarorgane, indem sie denselben eine mehr oder minder hohe gelbe bis gelbbraune Färbung ertheilen, als auch zum Nachweise verschiedener chemischer Verbindungen. Für Stärkemehl, dem das Jod eine blaue, violette, bis schwarzblaue Färbung ertheilt, ist es das beste Reagenz, das wir bis jetzt besitzen, und dürfte sich zu dessen Nachweis, wie Dr. Hartig hervorhebt, namentlich das Jodglycerin eignen, weil seine Einwirkung eine sehr allmälige ist. Reine Cellulose wird entweder durch Jod allein oder durch dieses in Verbindung mit verdünnter Schwefelsäure ebenfalls blau gefärbt. Als Reagenz auf Eiweisskörper hat das Jod viel an Bedeutung verloren, seitdem man bessere Reagentien für dieselben kennt. Die durch dasselbe hervorgerufene gelbe Färbung ist nämlich hier durchaus nicht völlig entscheidend, da es dieselbe auch anders constituirten Körpern ertheilt.

Chlorzinkjodlösung. Ein für den Pflanzenhistiologen sehr wichtiges Reagenz bildet das Jod in Verbindung mit Chlorzink als sogenannte Chlorzinkjodlösung. Diese Lösung wurde zuerst von Professor Schulze in Rostock als Reagenz auf Zellstoff empfohlen und wird nach dessen Vorschrift folgendermaassen bereitet. Man löst granulirtes reines Zink in Salzsäure auf und dampft die Lösung unter Berührung mit metallischem Zink bis zur Syrupsdicke ein. In dieser Flüssigkeit löst man Jodkalium bis zur Sättigung, setzt metallisches Jod zu und verdünnt erforderlichen Falles mit Wasser. Eine genauere Vorschrift hat Radlkofer gegeben. Dieselbe lautet: Eine bei gewöhnlicher Temperatur bereitete Auflösung von Zink in Salzsäure wird bei einer, den Siedepunkt des Wassers nicht übersteigenden Temperatur zu einem, mit vielem Wasser sich nicht trübenden Syrup von dem specifischen Gewichte 2,0 eingedampft und dieser hierauf bis zu einem specifischen Gewicht von 1,8 mit Wasser verdünnt, wozu auf 100 Theile der Chlorzinklösung 12 Theile Wasser erforderlich sind. In 100 Theilen dieser Flüssigkeit löst man bei gelinder Wärme

6 Theile Jodkalium und soviel Jod, als dieselbe aufzunehmen vermag. Die Chlorzinkjodlösung hat nun die Consistenz von concentrirter Schwefelsäure, ist vollkommen klar und besitzt eine hell gelbbraune Farbe. Zum Gebrauch kann man sich mehrere Verdünnungsstufen anfertigen, da die Wirkung eine nach dem Grade der Concentration verschiedene ist.

Mineralsäuren.

Unter den Mineralsäuren sind es vorzugsweise die Schwefelsäure, Salpetersäure, Salzsäure, Chromsäure und Osmiumsäure, welche bei den vegetabilischen und thierischen Gewebeuntersuchungen eine ausgedehntere Anwendung finden.

Schwefelsäure. Die Schwefelsäure wird sowohl concentrirt als in verschiedenen Verdünnungsgraden angewendet. Als concentrirte Schwefelsäure benutzt man das gereinigte erste Schwefelsäurehydrat der Officinen von 1,83 specifischem Gewicht. Dieselbe dient namentlich in der Pflanzenhistiologie bei den Untersuchungen des Pollens und der Sporen, sodann als Aufquellungsmittel der Zellstoffhüllen. In der thierischen Gewebelehre wird sie vorzugsweise als Isolationsmittel bei den Untersuchungen der hornigen Gewebe von Nutzen.

Von den verschiedenen Verdünnungsgraden finden die niedrigeren, d. h. die die grössten Säuremengen enthaltenden vorzugsweise in der Pflanzenhistiologie Anwendung, und zwar sowohl als Aufquellungsmittel für die Zellstoffhüllen wie auch in Verbindung mit Jod als Reagenz auf Zellstoff und in Verbindung mit Zuckerlösung zum Nachweis eiweisshaltiger Substanzen. Zu diesen Zwecken hält man sich am besten verschiedene Mischungen, und zwar von je 100 Theilen Säure auf 60 bis 20 Theile Wasser (Schacht empfiehlt im Allgemeinen 3 Theile Säure auf 1 Theil Wasser) bereit.

Die höheren und höchsten Verdünnungsgrade werden dagegen häufig bei Untersuchungen in der thierischen Gewebelehre benutzt. So z. B. dienen nach Max Schultze Verdünnungen von etwa 2 bis 10 Theilen Säure auf 500 Theile Wasser zur Aufhellung und Erhärtung der Bindegewebe, sowie der Stützsubstanzen in den Centralorganen des Nervensystems, der Netzgerüste der Lymphdrüsen u. s. w.

Salpetersäure. Die Salpetersäure wird sowohl als Reagenz wie als Macerationsmittel benutzt. Man kann für alle Fälle die gewöhnliche concentrirte Salpetersäure der Apotheken benutzen. Als Reagenz gebraucht man dieselbe entweder für sich allein oder in Verbindung mit Ammoniakflüssigkeit zum Nachweise von stickstoffhaltigen Substanzen der Pflanzen- und Thiergewebe, welchen sie eine gelbe Färbung ertheilt.

Für sich allein dient die Salpetersäure unter Erwärmen zum Ausziehen der sogenannten incrustirenden Substanzen der Zellstoffhüllen verholzter Pflanzenzellen, sowie zur Isolirung dieser letzteren, der Knochenkörperchen, der Zahnröhrchen, Bindegewebskörperchen u. s. w. Als

Macerationsmittel wird die Wirkung dieser Säure bedeutend gesteigert, wenn man ihr chlorsaures Kali zugibt. Dieses sogenannte Schulze'sche Macerationsgemisch wurde früher hauptsächlich in der Pflanzenhistiologie benutzt. In neuerer Zeit hat dasselbe indessen auch Eingang in die Thierhistiologie gefunden. So gebrauchte es z. B. Kühne als Mittel zur Isolirung der Muskelfäden, Heidenhain zur Maceration des hyalinen Knorpels.

In starker Verdünnung, 25 Theile Säure auf 100 Theile Wasser, wurde die Salpetersäure auch zum Studium der Elemente der glatten Muskeln und ebenso in höchster Verdünnung von 1 Theil Säure auf 1000 Theile Wasser zur Aufhellung quergestreifter Muskeln empfohlen.

Salzsäure. Die Salzsäure wird in ihrem concentrirten Zustande, der gewöhnlichen Salzsäure der Apotheken, sowohl in der Thier- als Pflanzenhistiologie als Reagenz auf stickstoffhaltige Substanzen benutzt, denen sie nach längerem Verweilen in ihr eine tief violette Färbung ertheilt. Neuester Zeit wurde dieselbe von Schacht zur Lösung der Stärkekörner und von Kabsch in Verbindung mit Aetzkali und concentrirter Schwefelsäure zur Isolirung der tertiären Verdickungsschicht verholzter Zellstoffhüllen von Laubhölzern benutzt, eine Methode, die jedenfalls einer genaueren Prüfung werth erscheint.

In der Zoohistiologie leistet die concentrirte Salzsäure sehr gute Dienste zur Isolirung der Bindegewebskörperchen und mit Wasser verdünnt zur Darstellung des Knorpelgerüstes der Knochen, indem sie die Knochenerde löst.

In sehr hochgradiger Verdünnung von 1 Theil Säure auf 200 bis 1000 und mehr Theile Wasser gewährt diese Säure eines der trefflichsten Reagentien zum Studium der Muskeln.

Chromsäure. Die Chromsäure, welche man in von Schwefelsäure möglichst freiem Zustande, rein auskrystallisirt und vollständig getrocknet in gut schliessenden Gefässen trocken aufbewahren muss, verdankt ihre Verwendung in der Gewebelehre theils ihren quellenden und macerirenden, theils ihren stickstoffhaltige Körper erhärtenden Eigenschaften.

Auf Pflanzengewebe wirkt sie in concentrirtem Zustande ähnlich wie das Schulze'sche Macerationsgemisch. Pollenhäute, sowie die Cuticularschichten und das Korkgewebe, sollen nach Pollender von derselben gelöst werden. In mässig verdünntem Zustande bietet sich in ihr ein ausgezeichnetes Mittel zur Auflockerung der Zellmembranen und der Stärkekörner, sowie zur Darstellung von deren Schichtung, welche in einer mit etwa 6 Theilen Wasser verdünnten Säure auf das prachtvollste hervortreten. Auf die Knochenerde wirkt die mässig verdünnte Chromsäure ähnlich wie die Salzsäure. Man verwendet sie daher auch bei Untersuchungen der Knochen- und Knorpelgewebe zum Entkalken der Knochen sowohl, als der verknöcherten Knorpel.

Als Erhärtungsmittel für thierische Gewebe wird die Chromsäure nur in bedeutender Verdünnung angewendet, indem man 1 Theil der Säure mit 50 bis 200 Theilen Wasser versetzt. Eine so verdünnte Säure

leistet zur Erhärtung des Rückenmarkes und des peripherischen Nervenapparates ganz Ausgezeichnetes und verdient hierfür dem Alkohol vorgezogen zu werden.

In sehr starker Verdünnung, 1 Theil Säure auf 2000 bis 5000 ja auf 10000 bis 15000 Theile Wasser, verwendet man die Chromsäurelösung zur Sichtbarmachung sehr zarter thierischer Structurverhältnisse, indem dieselbe unter Bewahrung der Textur der Gewebe etwas macerirend wirkt und so Elemente des feineren Baues, wie Otto Deiters angiebt, namentlich der Nervengewebe zur Anschauung bringt, welche sich an den frischen Präparaten vollständig der Beobachtung entziehen.

Osmiumsäure. Die Osmiumsäure, Ueberosmiumsäure der neueren Autoren, hat erst in der allerneuesten Zeit durch Prof. Max Schultze bei seinen schönen Untersuchungen über das Leuchtorgan von Lampyris splendidula mit Erfolg Anwendung in der Histiologie gefunden. Sie verdankt ihre Verwendbarkeit der Eigenschaft, dass leicht oxydirbare Stoffe den wässerigen Lösungen einen Theil ihres Sauerstoffes entziehen und eine niedrigere Oxydationsstufe des Metalles als schwarzen oder schwarzblauen Körper niederschlagen. Da nun verschiedene Gewebetheile sich in Beziehung auf die Reduction dieser Säure verschieden verhalten dürften, wie dies das von Schultze beschriebene Verhalten der Parenchym- und Röhrenzellen des Leuchtorganes zeigt, so dürfte sich in der Osmiumsäure ein geeignetes Mittel bieten, um gewisse Gewebetheile innerhalb anderer, welche sie mehr oder minder verdecken, leicht sichtbar zu machen.

Organische Säuren.

Oxalsäure. Die Oxalsäure ist in der neuesten Zeit von Prof. Max Schultze als Reagenz bei der Untersuchung von bindegewebartiger Structur empfohlen worden, da sie diese letztere aufquellen und durchsichtig macht, während die eiweisshaltigen Elementarorgane ihre scharfen Umrisse behalten. Man benutzt in der Regel eine gesättigte wässerige Lösung von 1 Theil reiner krystallinischer Säure auf 15 Theile Wasser. Eine etwas stärkere Wirkung äussert die weingeistige Lösung, welche daher für einzelne Fälle statt der ersten zu verwenden sein dürfte.

Essigsäure. Die Essigsäure ist eines der ältesten mikrochemischen Reagentien und wird sowohl in der Pflanzenhistiologie wie in der thierischen Gewebelehre benutzt. Man wendet sie in verschiedenen Concentrationsgraden an, als deren Grundlage die concentrirte Essigsäure oder der sogenannte Eisessig der Apotheken verwendet werden sollte.

Im concentrirten Zustande oder mit weniger Wasser, 3 bis 4 Theile auf 1 Theil Säure, verdünnt dient die Essigsäure zum Nachweis der Zellkerne, welche durch ihre Einwirkung viel deutlicher oder durch Zerstörung des Zellenkörpers isolirt werden und häufig da noch hervortreten, wo man sie vorher nicht erkennen konnte. Ebenso kann man mittelst derselben innerhalb des Bindegewebes vorkommende Elementarorgane, z. B. Zellen, elastische Fasern, Nerven und dergl., zur Anschauung bringen,

indem sie dem ersteren eine vollkommene Durchsichtigkeit ertheilt. Letzteren Erfolg erreicht man auch, und zwar indem keine beeinträchtigenden Störungen eintreten, weit vortheilhafter, wenn man eine sehr stark verdünnte Säure mehrere Tage lang einwirken lässt. Einige Tropfen der concentrirten Säure auf die Unze Wasser reichen hier schon aus, und sind die Aufhellungen, welche man bei einer solchen Verdünnung in den quergestreiften Muskeln erreicht, namentlich zum Studium der feinsten Verzweigungen der Nerven in denselben von der grössten Wichtigkeit. Hiermit ist aber der Kreis der Verwendungsweisen unseres Reagenzes noch lange nicht erschöpft und wird in den späteren Abschnitten sich noch mannigfache Gelegenheit finden, ausführlicher darauf zurückzukommen.

Als eigentliches so zu sagen analytisches mikrochemisches Reagenz wird die Essigsäure vorzugsweise zum Nachweise der kohlensauren Salze in den Geweben und Elementarorganen verwendet.

Alkalien.

Aetzkali. Die Aetzkalilösung geniesst einer sehr ausgebreiteten Verwendung bei histiologischen Untersuchungen. Wir haben in derselben zunächst ein vortreffliches Macerationsmittel und zwar sowohl für thierische, wie für vegetabilische Gewebe, indem sie die die einzelnen Gewebeelemente mit einander vereinigenden Kittsubstanzen löst, ohne die Gewebe selbst merklich anzugreifen. In der Pflanzenhistiologie ist das Kali namentlich überall da statt des Schulze'schen Macerationsgemisches zu empfehlen, wo dieses entweder auf zartere Elementarorgane zu zerstörend wirkt, oder wo es dieselben, wie manche Bastzellen u. s. w., brüchig macht. Hier thut das Aetzkali indessen seine Dienste in der Regel erst unter der Einwirkung der Wärme und macht ein kürzeres oder längeres Kochen der Gewebe in der Lösung nöthig, bei thierischen Geweben bringt es ähnliche Wirkungen schon bei gewöhnlicher Temperatur hervor, wobei dann Lösungen von 20 bis 40 Proc. angewendet werden. Im verdünnten Zustande ist das Aetzkali ein ausgezeichnetes Mittel, um geschichtete Zellstoffhüllen aufquellen und so die Schichtung deutlicher zu machen. Ferner dient es dazu, um manche Substanzen, welche der Zellstoffhülle eingelagert sind, zu lösen und wegzuführen, während es die erstere selbst nur erweicht. Seiner Einwirkung auf Stärkemehl, welches es stark aufquellen macht, sowie auf manche andere, die Pflanzengewebe dunkel machende Substanzen verdankt dasselbe seinen Gebrauch als aufhellendes Mittel.

Als analytisches Reagenz hat die Aetzkalilösung durch die Untersuchungen von J. Sachs über den Inhalt der Pflanzenzellen für die Pflanzenhistiologie eine hohe Bedeutung gewonnen, indem sie in Verbindung mit schwefelsaurem Kupferoxyd sowohl zum Nachweis von Eiweisssubstanzen als auch von verschiedenen Kohlenhydraten vorzügliche Dienste leistet, worauf wir im zweiten Theile ausführlicher zurückkommen werden.

Aetznatron. Das Aetznatron erleidet eine ähnliche Anwendung, wie das Aetzkali, dem es von manchen Histiologen seiner etwas bequemeren und reinlicheren Handhabung wegen vorgezogen wird. Ich muss indessen gestehen, dass ich der Natronlösung keine besonderen Vortheile vor der Kalilösung einräumen kann.

Ammoniak. Die Ammoniakflüssigkeit wirkt im Ganzen den beiden genannten Alkalien ähnlich, indessen weniger heftig. Ich ziehe dieselbe daher als aufhellendes Mittel für manche inhaltreiche Pflanzengewebe dem Aetzkali vor. Auch möchte ihr, wo es sich um die Abstumpfung von vorher angewandten Säuren handelt, vor dem letzteren der Vorrang gebühren.

In Verbindung mit Salpetersäure dient das Ammoniak zum Nachweis von Eiweisskörpern, indem es die durch jene bewirkte gelbe Färbung vermöge der Bildung von Xanthoproteinsäure bedeutend erhöht und somit leichter sichtbar macht.

Alkalische Erden.

Aus dieser Gruppe hat man in neuester Zeit das Kalk- und das Barytwasser für zoohistiologische Untersuchungen empfohlen und angewendet.

Das erstere wird namentlich als Macerationsmittel bei den Untersuchungen von Binde- und Sehnengeweben verwendet, wenn man langsamere, erst nach mehreren Tagen erfolgende Wirkungen erzielen will, während das letztere, weit stärker wirkende Mittel überall da gebraucht wird, wo man rascheren Erfolg neben stärkerer Quellung und bedeutenderer Aufhellung wünscht.

Salze.

Chlornatrium. Das Chlornatrium wird vorzugsweise in der Pflanzengewebelehre als sogenanntes morphologisches Reagenz verwendet, um die Zellhaut (Primordialschlauch) von der Zellstoffhülle zurückzuziehen und dieselbe so gewissermaassen innerhalb der Gewebe zu isoliren und zur Anschauung zu bringen. Es empfehlen sich hier unter allen Umständen verschieden concentrirte bis zu höchst verdünnten Lösungen.

Chlorsaures Kali. Das chlorsaure Kali bildet, wie wir oben gesehen haben, einen Bestandtheil des Schulze'schen Macerationsgemisches.

Chromsaures Kali. Das doppelt-chromsaure Kali leistet als Erhärtungsmittel ähnliche, und für manche thierische Gewebe wohl noch bessere Dienste, wie die Chromsäure. Da seine Wirkung indessen eine schwächere und langsamere ist, als diejenige des letztgenannten Reagenzes, so bedarf man auch bei einer Vertretung stärkerer Lösungen, um denselben Erfolg zu erzielen. Auf gleiche Theile Wassers kommt von dem

Salze in der Regel die 8- bis 16fache Menge der Säure. Als Mischung mit schwefelsaurem Natron ist das doppelt-chromsaure Kali von H. Müller in Würzburg empfohlen worden, um die Retina zu erhärten. Dieselbe besteht aus 2 bis $2^1/_2$ Gewichtstheilen doppelt-chromsauren Kalis und 1 Gewichtstheil schwefelsauren Natrons auf 100 Theile Wasser. In neuester Zeit hat Sanio das doppelt-chromsaure Kali als Reagenz auf Gerbstoff angewendet, welchen es dadurch kenntlich macht, dass es ihm eine dunkel rothbraune Färbung ertheilt.

Schwefelsaures Kupferoxyd. Das schwefelsaure Kupferoxyd dient als concentrirte Lösung in Verbindung mit Aetzkali, als analytisches Reagenz bei der Untersuchung des Inhaltes von vegetabilischen Geweben. Bei der Anwendung der Lösung, über deren Gebrauchsweise wir uns später in diesem und dem angewandten Theile näher verbreiten werden, ist immer aufs Genaueste die Vorsichtsmaassregel zu beachten, dass man das behandelte Präparat, ehe es der Einwirkung des Aetzkalis ausgesetzt wird, auf das Sorgfältigste in einer grossen Menge Wassers auswäscht, damit auch nicht eine Spur des Salzes mechanisch haften bleibt. Die sofortige Reduction von Kupferoxyd würde die Reactionserscheinungen im anderen Falle mindestens unsicher machen.

Kupferoxyd-Ammoniak. Das Kupferoxyd-Ammoniak wurde von Prof. Schweizer in Zürich als Lösungsmittel des Zellstoffes erkannt und dann von Prof. Cramer ebendaselbst als mikrochemisches Reagenz erprobt und empfohlen. Das gewöhnlich in den Apotheken vorräthige Product ist zu unseren Zwecken nicht zu verwenden, weshalb man sich das Reagenz entweder selbst darstellen oder nach Vorschrift darstellen lassen muss. Die von Schweizer hierzu gegebene Vorschrift lautet folgendermaassen: Unterschwefelsaures Kupferoxyd wird mit verdünnter Ammoniaklösung vorsichtig gefällt, der hellgrüne Niederschlag filtrirt und ausgewaschen, und hierauf noch feucht mit concentrirter Ammoniakflüssigkeit zusammengebracht, in welcher sich das basisch unterschwefelsaure Salz — der früher erhaltene Niederschlag — unter Wärmeentwickelung leicht auflöst. Nach dem Erkalten setzen sich Krystalle von unterschwefelsaurem Kupferoxyd-Ammoniak zu Boden, und die über demselben stehende, abzufiltrirende Flüssigkeit enthält nur Kupferoxyd-Ammoniak. Die erhaltene Lösung hebt man zweckmässig in schwarzem Glas oder in dunkelem Raume auf, weil sich dieselbe am Lichte leicht zersetzt.

Die genannte Verbindung bildet ein vorzügliches Reagenz zur Erkennung des reinen Zellstoffes. Wo derselbe mit anderen Substanzen verunreinigt, wie man sagt, verholzt ist, da bewirkt sie die Lösung erst nach vorhergehender Behandlung der betreffenden Organe mit Aetzkali oder dem Schulze'schen Macerationsgemisch. Da die Einwirkung in der Regel von einer nach und nach eintretenden Quellung der Zellstoffhülle ausgeht, und bei verholzten Zellen, wie beim Stärkemehl, nur diese allein auftritt, so bietet sich in dem Reagenz auch in dieser Beziehung ein vorzügliches Untersuchungsmittel, welches in mancher Beziehung den ähnlich wirken-

den früher schon genannten vorzuziehen ist. Nach den Erfahrungen von Schacht wirkt Nickeloxydammoniak auch auf reine Cellulose nur in der letzt erwähnten Weise.

Salpetersaures Quecksilberoxydul. Das salpetersaure Quecksilberoxydoxydul oder Millon'sche Salz ist in neuerer Zeit wiederholt (Hartig) als mikrochemisches Reagenz für pflanzenhistiologische Untersuchungen empfohlen worden. Zunächst gewährt es ein ausgezeichnetes Mittel, um ein Aufquellen der Zellstoffhüllen zu bewirken und sowohl die Schichtung als die spiralige Streifung dieser letzteren zur Anschauung zu bringen. Dann dient dasselbe auch zum Nachweise von Eiweisskörpern, und dürfte sich namentlich für einzelne Untersuchungen, z. B. des Klebermehles und der sogenannten Proteinkrystalle empfehlen. Man bereitet sich das Reagenz, indem man Quecksilber in gleichen Gewichtstheilen concentrirter rauchender Salpetersäure löst und hierauf mit gleichen Raumtheilen Wasser mengt, oder indem man 1 Gewichtstheil Quecksilber in 2 Gewichtstheilen einer, $4^1/_2$ Aequivalente Wasser enthaltenden Salpetersäure auflöst. Da das Salz nur dann in Lösung bleibt, wenn diese freie Säure enthält, so ist zum Schutze der Objectivsysteme bei seinem Gebrauch das Bedecken der Präparate mit grossen, 18 bis 20 Millimeter Seite haltenden Deckgläsern zu empfehlen.

Quecksilberchlorid. Das Quecksilberchlorid (Sublimat) wird nur in höchst verdünnten Lösungen angewendet. Eine solche von 1 Theil Sublimat auf 500 Theile Wasser eignet sich ausgezeichnet, um die feinen Protoplasmaströmchen mancher Pflanzenzellen zur Anschauung zu bringen, indem sowohl diese als die Zellkerne und das Wandprotoplasma durch ihre Einwirkung dunkler werden, ohne dass der übrige Zelleninhalt eine Störung erleidet. Wendet man stärkere Lösungen an, so wird die Zellhaut (der Primordialschlauch) von der Zellhülle zurückgezogen. In der thierischen Histiologie hat man das Reagenz verwendet, um den Achsencylinder der Nervenfasern zu isoliren und zu erhärten.

Salpetersaures Silberoxyd. Die Lösung von salpetersaurem Silberoxyd (Höllenstein), ist in neuerer Zeit namentlich auf Empfehlung von v. Recklinghausen, His u. A. vielfach als mikrochemisches Reagenz zu der sogenannten Silberimprägnation in Aufnahme gekommen. Sie verdankt diese Verwendung ähnlichen Eigenschaften wie die Osmiumsäure, indem bei mit dieser Lösung imprägnirten Gewebetheilen manche Bestandtheile derselben unter dem Einflusse des Lichtes aus ihr metallisches Silber in Körnerform niederschlagen, und so eine schwarze Färbung annehmen. Man hat Lösungen von verschiedener Stärke, von 1 Theil Höllenstein auf 400 bis 800 Theile Wasser und mehr concentrirte Lösungen empfohlen, um verschiedene Wirkungen zu erzielen. Ebenso hat man nach der Einwirkung des Silbersalzes noch Kochsalzlösung oder Salmiaklösung auf die imprägnirten Theile angewendet. Die Methode ist überhaupt noch in ihrer Ausbildung begriffen und dürfte erst nach weiter fortgesetzten Versuchen zu

bestimmten Normen der Anwendung führen. Den ausgedehntesten Gebrauch hat man von derselben bis jetzt bei Untersuchungen der Hornhaut gemacht und hat dieselbe namentlich für den Nachweis der Nervenverbreitung in derselben alles Mögliche geleistet.

Aethylverbindungen.

Aether. Der Aether (Aethyloxyd) dient vorzugsweise als Auflösungsmittel von Harzen, Fetten und ätherischen Oelen, welche in Pflanzenzellen vorkommen, ebenso zum Ausziehen der Fettsubstanzen und zur Auflösung des fetthaltigen Inhaltes der thierischen Gewebe.

Alkohol. Der Alkohol (Aethyloxydhydrat) ist einer ausgedehnten Verwendung fähig, und sowohl für den Pflanzen- wie für den Thierhistiologen ein sehr schätzbares Reagenz. Zunächst dient er bei der Untersuchung von vielen Pflanzengeweben zur Entfernung des Harzes, zur Auflösung flüchtiger Oele und mancher Farbstoffe. Dann wird er in sehr verdünntem Zustande ähnlich benutzt, wie die Kochsalzlösung, indem er durch Wasserentziehung eiweisshaltige Gebilde schrumpfen macht und so die Zellhaut sammt Inhalt von der Zellstoffhülle zurückzieht. Präparate, welche Luft enthalten, werden durch Einlegen in Alkohol bald von derselben befreit. Ebenso macht sich derselbe da nützlich, wo in Canadabalsam oder in anderen Harzen aufzubewahrende Präparate ihres Wassers beraubt werden sollen.

Bei den thierischen Gewebeuntersuchungen wird der Alkohol und zwar von verschiedenem Gehalte vorzugsweise als Erhärtungsmittel verwendet und für manche Objecte, z. B. für drüsige Organe, für Gewebetheile aus dem Verdauungscanale, für injicirte Organe der oben genannten Chromsäure vorgezogen. Auch für die Untersuchung saftiger Pflanzengewebe ist derselbe in dieser Beziehung nicht ohne Nutzen. Da der Alkohol aber die Eigenschaft besitzt, eiweissartige Substanzen durch Gerinnen zu verdunkeln, so war man in neuerer Zeit darauf bedacht, denselben mit solchen Substanzen zu vermischen, welche eine aufhellende Wirkung äussern. Auf diese Weise erhält man Flüssigkeiten, bei welchen die erhärtenden und aufhellenden Eigenschaften Hand in Hand gehen. Derartige Gemische sind zuerst von englischen Mikroskopikern empfohlen und dann auch von deutschen Forschern angewendet worden. Ein Gemisch von 3 Theilen Alkohol und 1 Theil Essigsäure wurde von L. Clarke empfohlen und ertheilt namentlich Rückenmarkspräparaten eine wundervolle Klarheit. Moleschott hat ein stärkeres Gemisch von 1 Raumtheil starker Essigsäure, 1 Raumtheil Alkohol und 2 Raumtheilen destillirtem Wasser, dann ein schwächeres von 1 Raumtheil Essigsäure, 25 Raumtheilen Alkohol und 50 Raumtheilen destillirtem Wasser zur Untersuchung von bindegewebartigen Geweben empfohlen. Für die Untersuchung von Epithelialgeweben soll man nach Beale dem Gemische aus Alkohol und Essigsäure noch Salpetersäure zu-

setzen. Eine derartige von Beale vorgeschlagene Mischung besteht aus 1 Unze Wasser, 1 Unze Glycerin, 2 Unzen Alkohol, 2 Drachmen Essigsäure und 1/2 Drachme Salpetersäure. Auch ein Zusatz von Aetznatronlauge und zwar etwa 8 bis 10 Tropfen auf die Unze Alkohol soll nach diesem Forscher neben rascher und starker Erhärtung zugleich eine bedeutende Aufhellung hervorbringen und eine solche Mischung namentlich bei Untersuchungen der Leber, fötaler Verknöcherungen und kalkiger pathologischer Niederschläge gute Dienste leisten.

Flüchtige Oele.

Die flüchtigen Oele werden sowohl in der Pflanzenhistiologie wie auch in der thierischen Gewebelehre zur Aufhellung dunkeler Gewebe benutzt, und kann man dieselben entweder schon kürzere oder längere Zeit vor der Untersuchung einwirken lassen, oder auch nur als Zusatzflüssigkeit zu vorher durch Alkohol ihres Wassers beraubten Präparaten gebrauchen. Namentlich scheint das Nelkenöl sich in dieser Beziehung sehr vortheilhaft zu bewähren, indem es Erhärtungs- und Aufhellungsvermögen in sich vereinigt. Der Anwendung des Nelkenöls kommt vorzugsweise auch der Umstand zu statten, dass es sich sowohl mit absolutem Alkohol, als mit Canadabalsam leicht und in jedem Verhältnisse mischt, wodurch man bei der Behandlung mit dem Einlegen der betreffenden Präparate mancher Zwischenarbeiten überhoben wird. Nach Prof. Rindfleisch, von dem dieses Reagenz zuerst empfohlen wurde, leistet es namentlich bei der Untersuchung des Körperparenchyms der Würmer ausgezeichnete Dienste.

Kohlenhydrate.

Von den Kohlenhydraten wird nur der Rohrzucker in Form des gewöhnlichen Syrupus simplex der Apotheken als Reagenz gebraucht. In der gebräuchlichen Form dient diese Lösung in Verbindung mit concentrirter oder wenig verdünnter Schwefelsäure zum Nachweise eiweisshaltiger Substanzen, denen er eine rosenrothe Färbung ertheilt. Verdünntere Lösungen, welche man je nach Bedürfniss abändern kann, werden in gleicher Weise als morphologisches Reagenz verwendet, wie es weiter oben von dem Chlornatrium, Alkohol u. s. w. geschildert wurde.

Collodium.

Das Collodium, eine Auflösung des Pyroxylins (Schiessbaumwolle) in Aether, wurde in neuester Zeit von Prof. Pflüger als morphologisches Reagenz zum Nachweise des Achsencylinders der Nervenfasern empfohlen. Auf weiteren Gebieten der Histiologie scheint es bis jetzt keine Anwendung gefunden zu haben.

3. Färbeflüssigkeiten.

Die in der Ueberschrift genannten Flüssigkeiten haben den Zweck, gewissen Theilen der Gewebe oder der Elementarorgane leicht sichtbare Färbungen zu ertheilen, um sie von anderen, mit ihnen vereinigt vorkommenden, sicherer unterscheiden zu können. Auf diese Weise wird die Erkenntniss verwickelter Structuren sowohl, als einzelner Inhaltspartieen wesentlich erleichtert, und es hat sich daher die Färbungsmethode als Hilfsmittel der mikroskopischen Untersuchung einen bedeutenden Ruf erworben und wohlverdiente vielfache Anwendung gefunden.

Es war Dr. Theodor Hartig, der schon vor vielen Jahren die Entdeckung machte, dass namentlich die Zellkerne, sowie die eiweissartigen Bestandtheile des Zelleninhaltes ein ansehnlich starkes Vermögen kundgeben, gelöste Farbstoffe aus ihrer Umgebung aufzunehmen und in ihrer Substanz aufzuspeichern. Vor mehr als zehn Jahren ist denn auch von ihm schon eine Lösung des carminsauren Ammoniaks zum Nachweis von Zellkernen, Protoplasmaströmchen u. s. w. angewendet worden und er hat uns in der Schrift: „Entwickelungsgeschichte des Pflanzenkeimes“ 1858 näher mit seiner Methode und mit der Darstellung der Carminlösung bekannt gemacht.

Erst viel später als Hartig hat Prof. Gerlach diese Methode der Färbung auch in die Zoohistiologie eingeführt. Ich weiss nicht, ob Gerlach mit den Hartig'schen Beobachtungen bekannt war, als er die Färbung mittelst Carminlösung auf thierische Gewebe anwendete, oder ob er selbständig darauf geführt wurde. Soviel steht indessen fest, dass die Priorität der Entdeckung des Farbeaufspeicherungsvermögens von Kerngebilden und Eiweisskörpern, sowie die erste Anregung zur Anwendung dieser Untersuchungsmethode dem oben genannten Forscher gebührt.

Man hat verschiedene Flüssigkeiten in Anwendung gebracht, welche entweder verschiedene Färbungen, oder auch nur bei Innehalten desselben Farbentones eine mehr oder minder leichte Erreichung des vorgesteckten Zieles bezwecken. Die Farbentöne, welche man bis jetzt angewendet hat, sind: Roth, Lila und Blau.

Rothe Färbeflüssigkeiten.

Carminsaures Ammoniak. Das carminsaure Ammoniak ist die bis jetzt am häufigsten angewendete rothe Flüssigkeit und scheint sich unter allen auch am besten zu bewähren.

Nach Hartig bereitet man sich dasselbe folgendermaassen: Käuflicher Carmin wird mit Wasser angerührt und dann tropfenweise Ammoniakflüssigkeit zugesetzt, bis vollständige Lösung erfolgt ist. Die Lösung wird darauf filtrirt und bei sehr gelinder Wärme bis zur Trockne abgedampft. Das so erhaltene Pulver kann man trocken aufbewahren. Es

löst sich in Wasser leicht auf und auch diese Lösung kann man Jahre lang aufbewahren, ohne dass sie dem Verderben ausgesetzt ist.

Eine andere Vorschrift zur Bereitung der rothen Färbeflüssigkeit rührt von Prof. Thiersch her, welcher dieselbe in dem Archiv von Max Schultze mitgetheilt hat, dem ich sie entnehme. Man löst 1 Theil Carmin in 1 Theile kaustischer Ammoniakflüssigkeit und 3 Theilen destillirten Wassers. Von dieser Lösung mischt man nun 1 Raumtheil mit 8 Raumtheilen einer Oxalsäurelösung, welche man aus 1 Theile Oxalsäure und 22 Theilen Wasser bereitet hat, fügt 12 Raumtheile absoluten Alkohol hinzu und filtrirt. Das Filtrat kann nach Belieben durch Zusatz von Oxalsäure dem Orangenrothen, durch Zusatz von Ammoniak dem Violetten genähert werden, und beide Nüancen dienen gleich gut zum Färben. Fallen beim Zusatz von Oxalsäure Krystalle von oxalsaurem Ammoniak aus, so kann man sie entweder abfiltriren oder mittelst ein paar Tropfen Ammoniaks lösen.

Diese Mischung soll schon im Verlauf weniger Minuten und sehr intensiv färben. Will man indessen langsam färben, so verdünnt man mittelst Weingeist von 70 bis 80° und entfernt dann das etwa auskrystallisirende oxalsaure Ammoniak auf die angegebene Weise.

Anilin. Anilinlösungen hat man in neuerer Zeit ebenfalls als Färbemittel benutzt. Auf Pflanzenpräparate habe ich dieselbe bis jetzt nicht angewendet; Andere, welche sie versucht haben, gehen in ihren Urtheilen ziemlich weit aus einander, indem einzelne deren Gebrauch empfehlen, einzelne ihn widerrathen. Für Färbung thierischer Gewebe ist dieselbe neuerdings sehr empfohlen worden und verwendet man hier eine nach der Vorschrift von Prof. Frey bereitete Lösung aus 1 Centigramm krystallisirtem Fuchsin, 20 bis 25 Tropfen absolutem Alkohol und 15 Cubikcentimetern destillirtem Wasser. Diese schön rothe, mässig intensive Lösung soll sehr schnell und in schonendster Weise zarte thierische Gewebe färben und sich selbst für die zartesten Organisationen eignen, wenn man sie mit etwas Wasser verdünnt. Als Gewebetheile, für welche diese Flüssigkeit besonders verwendbar sein soll, werden genannt: Epithelien, Glashäute, Linsen, Glaskörper, Ganglienzellen, Drüsenzellen und Nervenfasern, deren Achsencylinder dabei aufs deutlichste hervortritt.

Lilafarbige Flüssigkeit.

Diese Flüssigkeit, gleichfalls eine Carmintinktur, ist ebenfalls von Prof. Thiersch namentlich für die Färbung von durch Chromsäure entkalkten Knochen und für Knorpel empfohlen worden. Es werden zu ihrer Darstellung 4 Theile Borax in 56 Theilen destillirtem Wasser gelöst, dieser Lösung 1 Theil Carmin zugefügt, hierauf 1 Raumtheil derselben mit 2 Raumtheilen absolutem Alkohol vermischt und filtrirt. Diese Flüssigkeit färbt langsamer als die rothe, und bedient man sich zum Ausziehen überschüssigen Farbstoffes der Oxalsäure oder der Borsäure in Weingeist gelöst.

Blaue Flüssigkeiten.

Zur blauen Färbung verwendet man entweder eine Lösung von Indigcarmin oder von Anilin.

Indigcarmin. Diese Lösung bereitet man nach der Vorschrift von Thiersch, indem man in einer Oxalsäurelösung von 1 Theil Säure auf 22 bis 30 Theile Wasser käuflich indigoschwefelsaures Kali bis zur Sättigung löst und die erhaltene Flüssigkeit nach Belieben mit Weingeist verdünnt. Concentrirt färbt diese Flüssigkeit ähnlich wie die Thiersch'sche Carminlösung, sehr schnell und intensiv. Ueberschüssigen Farbstoff zieht man mittelst weingeistiger Oxalsäurelösung aus.

Blaues Anilin. Die Anilinlösung wird nach Frey erhalten, indem man käufliches lösliches Anilinblau so lange mit Wasser versetzt, bis man eine tiefe Kobaltfarbe erhält. Statt dessen kann man auch 2 Centigramme lösliches Anilinblau in 25 Cubikcentimetern destillirtem Wasser lösen und dann 20 bis 25 Tropfen Alkohol zusetzen. Diese Flüssigkeit soll sehr rasch und intensiv färben, und die Farbe sich sowohl in Wasser wie in Alkohol und Glycerin erhalten. Als Gewebetheile, für welche sich die Anilinlösung vorzugsweise eignet, werden von Frey Lymphdrüsen, Milz und Darmwandungen, namentlich aber Gehirn- und Rückenmarkspräparate genannt.

Eine Reihe anderer chemischer Präparate, welche zur Aufbewahrung von mikroskopischen Objecten Anwendung finden, dürfen wir hier, wo es sich um die Hilfsmittel der mikroskopischen Beobachtung im engeren Sinne handelt, übergehen. Dieselben werden in dem betreffenden Abschnitte eine nähere Besprechung erfahren.

4. Injectionsmassen.

Die Injectionsmassen bestehen im Wesentlichen aus einer warm oder kalt anzuwendenden Flüssigkeit, der eine färbende Substanz beigemengt ist.

Verwendet man in der Wärme flüssige, beim Erkalten erstarrende Massen, so darf dieses Erstarren nur soweit gehen, dass es zwar die bequeme und saubere Führung von Schnitten gestattet, ohne aus den injicirten Hohlräumen hervorzuquellen, nicht aber dem Messer ein zu bedeutendes Hinderniss in den Weg gelegt wird.

Eine brauchbare Injectionsmasse muss einen solchen Grad der Flüssigkeit besitzen, dass sie in die feinsten Haargefässe einzudringen vermag, ohne durch deren Wandungen zu diffundiren. Ihre Färbung muss eine durch die ganze Masse gleichmässige, und der Farbstoff so fein vertheilt

sein, dass er nicht körnig oder klumpig erscheint, sondern eine zusammenhängende gleichförmige Masse bildet; ferner muss der Farbenton so entschieden hervortreten, dass die feinsten Gefässverzweigungen, bei auffallendem sowohl als bei durchgehendem Lichte scharf und bestimmt vor ihrer Umgebung hervortreten.

Man hat zu warmen Injectionsmassen manche, bei höherer Temperatur flüssige, bei gewöhnlicher Temperatur erstarrende fette Körper, wie Wachs, Stearin, Cacaobutter, dann Harze, Terpentinfirniss u. dergl. empfohlen, von denen sich aber — ausgenommen zur Herstellung trockener, für schwache Vergrösserungen bestimmter Präparate — keine als vollkommen dem Zweck entsprechend bewährt hat. Eine Auflösung von Gelatine oder möglichst reinem, farblosem kölnischem Leim scheint, soweit mir bekannt geworden, namentlich für feinere thierische Präparate den besten Erfolg zu gewähren.

Eine derartige Lösung bereitet man sich auf folgende Weise: Die zerkleinerten Täfelchen der Gelatine oder des Leimes werden erst einige Stunden in Wasser eingeweicht und dann, nachdem das erste Wasser abgegossen ist, in etwa der vier- bis zehnfachen Menge erneuten Wassers bei einer Temperatur von 50 bis 55° C. über dem Wasserbade gelöst. Die Gelatinelösung kann man dann in noch warmem und flüssigem Zustande unmittelbar mit dem betreffenden Farbstoffe verbinden, eine Lösung aus Leim dagegen muss vorher durch ein Tuch filtrirt werden, um sie von etwa darin vorkommenden, verunreinigenden Substanzen zu befreien.

Bei der Anwendung wird die Masse immer wieder über dem Wasserbade bei der oben erwähnten Temperatur erwärmt und flüssig gemacht. Dieselbe hält sich indessen nur kurze Zeit, ohne Veränderungen zu erleiden, und man thut daher gut, sich nur eine so grosse Menge zu bereiten, als man gerade bedarf.

Von den kalt anzuwendenden Injectionsmassen, welche insofern einen Vortheil gewähren, als sie jeden Augenblick zum Gebrauche zur Hand sein können und nicht immer wieder aufs Neue angefertigt werden müssen, welche aber durchaus nicht überall die warm anzuwendenden, erstarrenden zu ersetzen im Stande sind, scheint die von Beale empfohlene die weiteste Verbreitung gefunden zu haben. Dieselbe besteht aus einem Gemische von Wasser, Glycerin und Alkohol, in welchem die einzelnen Bestandtheile, je nach den damit verbundenen Färbemitteln, in wechselnden Verhältnissen auftreten. Nächstdem, dass sich diese Mischung, ohne irgend eine Veränderung oder Zersetzung zu erleiden, lange Zeit hindurch hält, bietet sie auch den Vortheil, dass sie mit äusserster Leichtigkeit in die zu injicirenden Hohlräume eindringt und die Gewebe in keinerlei Weise angreift.

Die Färbemittel für jegliche Art der Injectionsflüssigkeiten müssen derart beschaffen sein, dass sie weder durch die Einwirkung des Lichtes, noch durch diejenige des Inhaltes der betreffenden Gewebetheile, noch

durch die Flüssigkeit, in welcher das Präparat aufbewahrt wird, irgend eine Veränderung erleiden, noch sich leicht lösen, weil sie sonst durch die durchdringbaren Gefässwände austreten und das Präparat verderben würden. Aus diesem Grunde wählt man dazu am besten metallische Farben, welche in der Flüssigkeit suspendirt bleiben. Je nachdem diese in einem mehr grobkörnigen, oder in einem höchst fein vertheilten Zustande erhalten werden können, bilden sie die sogenannten opaken, nur für die Beobachtung bei auffallendem Licht brauchbaren, oder die transparenten für durchgehendes Licht anwendbaren Färbemittel. Von den unorganischen Farbstoffen sind es vorzugsweise der feinst vertheilte Zinnober, das chromsaure und kohlensaure Bleioxyd, welche für opake, dann das frisch gefällte, höchst fein vertheilte Berlinerblau, welche für transparente Mischungen verwendet werden. Von den organischen Farbstoffen hat einzig und allein der Carmin als transparentes Färbemittel Anwendung gefunden.

Ich lasse nunmehr die verschiedenen Injectionsmassen nach ihren Farben folgen, und werde, soweit erforderlich, ihre Verwendungsweisen andeuten.

Rothe Injectionsmassen.

Zinnobermasse. Unter den rothen Massen ist die mittelst Zinnober gefärbte für solche Präparate, welche bei auffallendem Lichte beobachtet werden sollen, die geeignetste, indem derselbe der Mischung erstlich eine sehr intensive Farbe ertheilt und dann sich sehr gleichmässig in der Flüssigkeit verbreitet. Hauptsache ist dabei, dass der Stoff die erforderliche Feinheit besitzt, so dass sich selbst unter mittelstarken Vergrösserungen keine Körner von erheblicher Grösse wahrnehmen lassen. Da indessen der käufliche Zinnober in der Regel diese Eigenschaft nicht besitzt, so muss man sich denselben eigenhändig zubereiten. Man reibt ihn zu dem Ende mit etwas Wasser in einem Achat- oder Stahlmörser fein ab, und schlämmt dann so lange, bis man eine Masse von der gewünschten Feinheit erlangt hat. Ein Theil des so dargestellten Zinnobers auf 8 Theile einer concentrirten Gelatine- oder Leimlösung soll nach Harting ein passendes Verhältniss für eine brauchbare Injectionsmasse bilden.

Der Zusatz der Farbe zu der Lösung muss nach und nach unter beständigem Umrühren geschehen, und es darf die Masse als gelungen betrachtet werden, wenn sie ein gleichförmiges, zusammenhängendes, schönes Roth zeigt.

Carminmasse. Für eine transparente rothe Injectionsmasse ist der Carmin vorzüglich geeignet, er kann indessen auch statt des Zinnobers verwendet werden, da er eine gleich hohe Färbungskraft, und vor diesem ausserdem noch das voraus hat, dass er ein weit geringeres specifisches Gewicht besitzt und sich deshalb nicht so leicht zu Boden setzt. Man verwendet ihn entweder in Pulverform oder in Lösung. Als höchst fein zertheiltes Pul-

ver wird der Carmin nach der oben, S. 283, mitgetheilten Vorschrift erhalten und dann mit etwas wenigem Wasser vermischt einer concentrirten Leimlösung zugesetzt. In Form von Lösung wurde derselbe von Prof. Gerlach zuerst angewendet und empfohlen. Nach der von diesem Forscher gegebenen Vorschrift verfährt man bei der Bereitung der Injectionsmasse folgendermaassen: Man löst 10 Gewichtstheile feinen Carmins in 8 Gewichtstheilen Wasser und 1 Gewichtstheile Aetzammoniak auf und lässt diese Lösung mehrere Tage offen an der Luft stehen, damit sich das überschüssige, nachtheilig auf die Gelatine wirkende Ammoniak verflüchtigt. Hierauf verbindet man den Farbstoff mit einer Lösung von 6 Gewichtstheilen Gelatine in 8 Gewichtstheilen Wasser und setzt einige Tropfen Essigsäure zu.

Gelbe Injectionsmasse.

Harting's Masse. — Diese gelbe Injectionsmasse wird mittelst chromsauren Bleioxyds hergestellt und nach der von Harting gegebenen ganz genau einzuhaltenden Vorschrift in folgender Weise bereitet: 4 Unzen $1^1/_2$ Drachmen Bleizucker werden in soviel Wasser gelöst, dass das Ganze dem Volumen von 16 Unzen entspricht; dann löst man 2 Unzen 1 Drachme und 28 Gran rothes chromsaures Kali in Wasser, dass die Lösung das Volumen von 32 Unzen erreicht. Diese beiden Lösungen mischt man hierauf, und zwar je 1 Raumtheil der ersteren mit 2 Raumtheilen der anderen, in einem Becherglase, rührt die Mischung einige Augenblicke stark um und verbindet sie nun erst mit 2 Raumtheilen einer concentrirten Leim- oder Gelatinelösung.

Die auf solche Weise gewonnene Injectionsmasse, welche übrigens zu den sogenannten opaken gehört, soll sich vor allen anderen dadurch auszeichnen, dass sie leicht in die feinsten Gefässverzweigungen dringt und neben einer lebhaften Färbung einen sehr gleichmässigen Zusammenhang besitzt. Sie wird daher da, wo man nur von einer einfachen Injection Anwendung zu machen hat, von manchen Mikroskopikern den übrigen opaken Massen vorgezogen.

Blaue Injectionsmassen.

Zur Darstellung der blauen, transparenten Injectionsmassen verwendet man nur das Berlinerblau. Es existiren verschiedene Vorschriften, von denen ich hier indessen nur drei näher berücksichtige, weil man dieselben hinreichend finden dürfte, um ein Präparat zu gewinnen, das geeignet ist, allen Ansprüchen an eine gute Masse zu genügen.

Harting's Masse. — Nach Harting bereitet man sich ein höchst fein in der Leimlösung vertheiltes Berlinerblau in folgender Weise: $3^1/_2$ Unzen schwefelsaures Eisenoxydul werden in 20 bis 25 Unzen Wasser gelöst und, bei mässiger Wärme, unter Zusatz von $4^3/_4$ Drachmen

Schwefelsäure von 1,85 specif. Gewicht und der erforderlichen Menge Salpetersäure in das Oxydsalz umgewandelt; dann setzt man noch so viel Wasser zu, dass das Ganze das Volumen von 40 Unzen erreicht. Hierauf löst man 3 Unzen $6^3/_4$ Drachmen gelbes Blutlaugensalz in soviel Wasser, dass die Lösung dem Volumen von 80 Unzen Wasser gleichkommt. Endlich werden 2 Raumtheile der zuletzt bereiteten Lösung mit gleichen Raumtheilen einer concentrirten Leimlösung vermischt und unter beständigem Umrühren 1 Raumtheil der Eisenoxydlösung tropfenweise eingetragen.

Diese höchst feinkörnige und leicht eindringende Injectionsmasse hat nur den einen Nachtheil, dass sie sich in Folge von dem Natrongehalte des Blutes etwas entfärbt. Um diesen Uebelstand zu vermeiden, setzt man derselben soviel Weinsteinsäure zu, als gerade hinreicht, um den Natrongehalt des Blutes zu sättigen.

W. Müller's Masse. — Als sehr ausgezeichnet wird in dem Archiv von Max Schultze von Prof. W. Müller eine Injectionsmasse empfohlen, welche aus der Auflösung von 1 Theile Leim in 8 Theilen einer nicht zu concentrirten Lösung des sogenannten löslichen Berlinerblaues besteht. Das letztere bereitet man sich leicht selbst auf folgende Weise: Eine Auflösung von gelbem Blutlaugensalze wird mit einer Eisenoxydsalzlösung in der Weise gefällt, dass in der Flüssigkeit ein Theil des Blutlaugensalzes unzersetzt bleibt. Der Niederschlag von Berlinerblau wird hierauf auf dem Filter so lange ausgewaschen, bis das Waschwasser eine hochblaue Färbung annimmt. Alsdann ist das Berlinerblau in seine lösliche Modification übergetreten und behält getrocknet seine Auflöslichkeit in Wasser bei.

Beale's Berlinerblau. — Das sogenannte Beale'sche Berlinerblau wird aus gelbem Blutlaugensalze und Eisenchlorid bereitet. Man löst zu dem Ende 15 Gran des ersteren Salzes in 1 Unze Wasser und verdünnt hierauf $^1/_2$ Drachme bis 2 Skrupel der Eisenchloridtinktur der englischen Pharmacopoe mit einer zweiten Unze Wasser. Die Lösung des Blutlaugensalzes vermischt man zuerst mit der Leimlösung, setzt diesem Gemisch die Eisenchloridlösung unter beständigem Umrühren tropfenweise zu und filtrirt schliesslich durch ein Tuch.

Weisse Injectionsmasse.

Eine brauchbare weisse Injectionsmasse ist schwer zu erhalten, trotzdem dass es eine Menge weisser Niederschläge gibt, welche aber alle dieselbe Eigenschaft theilen, dass sie viel zu grobkörnig sind, um irgend brauchbare Präparate zu liefern.

Harting's Masse. — Als eine der besten, die indessen immer nur eine ziemlich beschränkte Anwendung gestatten dürfte, hat Harting das kohlensaure Bleioxyd empfohlen. Man bereitet sich eine hiermit gefärbte Injectionsmasse nach diesem Forscher auf folgende Weise: 4 Unzen $1^1/_3$ Drachmen essigsaures Bleioxyd, dann 3 Unzen $1^1/_3$ Drachmen koh-

lensaures Natron werden jedes für sich in soviel Wasser gelöst, dass jede Lösung das Volumen von 16 Unzen erreicht. Hierauf vermischt man je einen Raumtheil der beiden Lösungen mit 2 Raumtheilen einer concentrirten Leimlösung.

Frey's Masse. — Frey empfiehlt neben dieser Masse den schwefelsauren Baryt, der sich durch feines Korn und leichtes Eindringen auszeichne, aber der reinen Farbe ermangele. Das Salz wird aus einer gesättigten Lösung von 4 Unzen Chlorbaryum durch sorgsamen Zusatz von Schwefelsäure ausgefällt, mit einem Theile des überstehenden Wassers zu einem dicken Breie angerührt und mit gleichen Raumtheilen concentrirter Leimlösung verbunden.

Kalte Injectionsmassen.

Zu den kalten Injectionsmassen verwendet man das Seite 287 erwähnte Gemisch aus Wasser, Glycerin und Alkohol, in Verbindung mit Berlinerblau oder Carmin.

Nimmt man das oben beschriebene Beale'sche Berlinerblau, bereitet dann ein Gemisch aus 2 Unzen Wasser, 1 Unze Glycerin, 1 Unze Alkohol und $1^1/_2$ Drachmen Methylalkohol und setzt dieses der blauen Farbe vorsichtig und unter stetem Schütteln des Mischungsgefässes zu, so erhält man eine vortreffliche blaue Masse.

In weit einfacherer Weise stellt Prof. W. Müller eine von ihm sehr gerühmte kalte blaue Injectionsmasse durch Fällung des löslichen Berlinerblaues mittelst eines Alkohols von 90 Procent dar.

Eine kalte Carminmasse wird erhalten, wenn man aus einer Lösung des carminsauren Ammoniaks, welche nach der Hartig'schen Vorschrift bereitet wurde, mittelst sehr stark verdünnter Salzsäure (25 bis 30 Tropfen auf 1 Unze Wasser) den Carmin ausfällt und mit zwei Unzen Glycerin und $^1/_2$ Unze Alkohol verbindet.

Ausser den genannten sind in den letzten Jahren noch mancherlei andere Injectionsmassen empfohlen worden, welche sich theils in den betreffenden Specialwerken, theils in neueren Schriften über das Mikroskop verzeichnet finden. Ich glaube mich indessen um so eher auf die beschriebenen beschränken zu dürfen, als dieselben allgemein erprobt sind und wohl für alle Fälle ausreichen mögen, während jene entweder nicht Probe gehalten haben, oder doch keine, die Beobachtung besonders fördernde Vorzüge vor diesen besitzen.

SIEBENTER ABSCHNITT.

GEBRAUCH DES MIKROSKOPES.

I. Allgemeine Grundsätze.

Ehe ich zu den Anweisungen über den Gebrauch des Mikroskopes im Allgemeinen, d. h. über die Methode der Beobachtung übergehe, halte ich es für zweckmässig, die nöthigen Andeutungen über die Aufstellung und Behandlung des Instrumentes, über das mikroskopische Sehen und dessen Einfluss auf die Deutung des Gesehenen u. s. f. vorauszuschicken. Alle diese Dinge sind nämlich nicht nur für den Erfolg von Bedeutung, mit dem man von seinen Instrumenten Gebrauch machen kann, sondern bedingen auch theilweise die Methode der mikroskopischen Beobachtung überhaupt.

1. Aufstellung und Behandlung des Mikroskopes.

Beobachtungszimmer. — Das Zimmer, in welchem man mikroskopische Untersuchungen vornimmt und seine Mikroskope aufbewahrt, sollte vor allen Dingen gegen den ebenso lästigen, als den Instrumenten und Präparaten nachtheiligen Staub, sowie gegen Ausdünstungen jeder Art möglichst gesichert sein. Wenn es daher irgend möglich ist, so wähle man sein Arbeitszimmer so aus, dass es von den Wohn- und Schlafzimmern sowie von der Küche möglichst weit entfernt gelegen ist und zu keinem anderen Zwecke benutzt wird. Dann scheue man die geringen Kosten nicht, den Boden, wo dies nicht schon der Fall ist, mit einer Firnissschicht überziehen zu lassen, von welcher der Staub leicht mittelst eines feuchten Tuches entfernt werden kann. Vor allen Dingen aber verbanne man den Besen als Reinigungsmittel und gestatte nur das feuchte Aufziehen des Bodens. Es mögen diese Vorsichtsmaassregeln vielleicht gar

zu kleinlich erscheinen, allein in der Praxis werden sich dieselben völlig bewähren und dem ausübenden Mikroskopiker manche unnöthige Arbeit und zeitweiligen Aerger ersparen.

Was die Lage des Beobachtungszimmers gegen die Himmelsgegenden betrifft, so halte ich, allseitig freien Horizont vorausgesetzt, die südliche unbedingt für die am wenigsten geeignete, obwohl sie für vereinzelte Fälle, in denen man sich übrigens leicht anders zu helfen wissen wird, erwünscht sein mag. Wo es der freien Wahl überlassen ist, da suche man sich ein Zimmer aus, welches nur nach der Nordseite, oder auch nach dieser und nach der Ost- oder Westseite je ein gegen grelle Lichtreflexe geschütztes Fenster hat, von denen man das eine nach Bedürfniss mittelst Läden oder dichter Rollvorhänge verschliessen kann. Ist es auch, wie oben angedeutet, für manche immer nur vereinzelt vorkommende Beobachtungen ganz angenehm, directes Sonnenlicht benutzen zu können, so äussert doch — selbst wenn man sich gegen die unmittelbare Wirkung der Sonnenstrahlen geschützt hat — die grelle Beleuchtung des ganzen Zimmers und der darin befindlichen Gegenstände einen nachtheiligen Einfluss auf die Beobachtung, indem dadurch die Retina geblendet und die Pupille zu sehr verengert wird und man nicht im Stande ist, so genau zu sehen und so ausdauernd zu beobachten, als wenn dieselbe sich in einem normalen Zustande befindet und mehr Licht durchlässt. Dagegen gewährt die angegebene Lage mehrfache Vortheile. Erstlich ist die Beleuchtung des Zimmerraumes eine gemässigte, dem Auge wohlthuende, und dann ist das von dem nördlichen Horizonte aus in das Mikroskop fallende Licht bei einer mehr gleichmässigen Intensität während verschiedener Tagesstunden ein selbst für die feinsten Beobachtungen vollkommen ausreichendes und lässt sich auch bei den schwächsten Vergrösserungen leicht mit der Beleuchtung der Umgebung in Einklang bringen.

Von manchen Mikrographen wird anempfohlen, ein Zimmer zu wählen, das gegen etwaige Erschütterungen, die von Fuhrwerken, benachbarten Werkstätten und dergleichen ausgehen geschützt sei. Dieser Vorschlag ist aber nicht nur in den meisten Fällen gänzlich unausführbar, sondern auch, soweit meine Erfahrungen reichen, etwas übertrieben. Erstlich hat man es, selbst wenn der Geldbeutel keine Rolle dabei spielt, nicht immer in seiner Gewalt, seine Wohnung so auszuwählen, dass sie von aller störenden Umgebung ganz abgeschlossen ist, und dann ist der Einfluss, welchen derartige Erschütterungen ausüben sollen, bei weitem nicht so stark und störend, als man von ein und der anderen Seite angibt.

Ich habe während der 15 Jahre, in denen ich mich fast ununterbrochen täglich mehrere Stunden mit mikroskopischen Untersuchungen beschäftige, gar manche Wohnung an belebten Strassen inne gehabt und wohne nun seit 5 Jahren dicht an der befahrensten Strasse unseres Thales, ausserdem in der Nähe einer Mühle und einer Achatschleife, muss aber gestehen, dass ich von störenden Erschütterungen bis jetzt nichts

wahrgenommen habe, obgleich die Häuser hierorts gerade nicht an Festigkeit der Bauart leiden. Auf sumpfigem oder moorigem Baugrunde mag der erwähnte Rath schon eher seine Berechtigung haben, wogegen er für festen Untergrund an Bedeutung verliert. Weit störender wirken Erschütterungen, welche in dem Hause selbst oder gar in dem Beobachtungszimmer ihren Ausgangspunkt haben. Diese halte man sich möglichst fern.

Arbeitstisch. — Der Arbeitstisch des Mikroskopikers muss vor allen Dingen möglichst schwer und solide gebaut sein, damit er einen festen Stand hat und nicht bei jeder Bewegung oder, wenn man sich mit den Armen darauf stützt, durch den eigenen Herzschlag erschüttert wird. Dann soll derselbe eine solche Grösse besitzen, dass er, um Alles sofort bei der Hand zu haben, bequem das Arbeitsmikroskop, ein Präparirmikroskop oder einen Lupenträger, sowie den sonstigen bei jeder Untersuchung nothwendigen Apparat aufnehmen kann. Daher taugen denn auch Tische von etwa $2^1/_2{}'$ Länge und noch geringerer Breite, wie sie wohl empfohlen werden, durchaus nichts, und noch weniger geeignet möchte es sein, wenn Präparirtisch und Arbeitstisch nicht ein Ganzes bilden. Eine Länge von $3^1/_2$ bis 4′ bei einer Breite von mindestens 2 und höchstens $2^1/_2{}'$, die man beim Sitzen bequem überreichen kann, erscheint mir nach eigener Erfahrung als das zweckmässigste Ausmaass. Die Höhe richtet sich natürlich nach der Höhe des Instrumentes, und dürfte bei Stativen wie das Oberhäuser'sche und ähnliche, wenn man nicht einen erhöhten Stuhl gebrauchen will, wohl am besten etwa $2^1/_4{}'$ betragen. Zu beiden Seiten des Tisches lassen sich unterhalb der Platte dann leicht ein paar gutschliessende Schiebladen anbringen, um fertige Präparate sowie diejenigen Neben- und Hilfsapparate aufzunehmen, welche man gern nahe zur Hand hat. Für die Reagentien, Aufbewahrungsflüssigkeiten u. dgl. lässt man am besten an der hinteren Seite der Platte einen Aufsatz anbringen, in welchem dieselben, treppenartig aufgestellt, leicht übersehen werden können, und der mittelst eines über Ober- und Vorderfläche klappenden, gut fügenden Deckels geschlossen werden kann. Auch ist es zweckmässig, wenn man an der einen Seite des Aufsatzes einige ausgerundete flache Vertiefungen anbringt, um Uhrschälchen, kleinen Abdampfschalen u. s. w. einen festen Stand zu geben und vor dem leicht stattfindenden Umfallen zu bewahren, während an der zweiten Seite einige runde, mit Tuch oder Sammet ausgefütterte Vertiefungen Platz finden, in welche kleine Glasglocken genau eingepasst sind, um darunter Präparate, die in Flüssigkeiten liegen, vor Staub zu schützen. Indessen lassen sich in dieser Beziehung mancherlei Abänderungen treffen, und Jeder wird wohl suchen, seinen Arbeitstisch so einzurichten, wie es ihm für seine speciellen Zwecke am passendsten und praktischsten erscheint. Ich möchte daher mit dem Obigen blos angedeutet haben, wie man etwa verfahren könne, ohne gerade die von mir gewählte Einrichtung als absolutes Muster hinstellen zu wollen.

Den Tisch stellt man am geeignetsten in der Nähe des Fensters auf, weil man dann gleich hinreichendes Licht zur Anfertigung der Präparate und zu Beobachtungen mittelst auffallenden Lichtes hat. Denselben 6 bis 8 Fuss entfernt vom Fenster aufzustellen, wie manche Mikroskopiker es empfehlen, will mir nicht recht zweckmässig erscheinen. Besseres Licht für den Spiegel, als wenn das Mikroskop nur 3 bis 4 Fuss vom Fenster entfernt steht, erhält man dadurch nicht. Man kann auch bei dieser Entfernung das Licht von der dem Horizonte zunächst gelegenen Stelle des Himmels auffangen und leidet dann für andere Fälle nicht Mangel an der nöthigen Beleuchtung, wodurch man sich mindestens zu einem Hin- und Herwandern mit dem Mikroskope selbst oder mit seinen Präparaten gezwungen sehen würde.

Aufbewahrung und Reinhaltung des Mikroskopes. — Soll das Mikroskop in einem dauernd guten Zustande erhalten werden, so bedarf es vor allen Dingen einer sehr sorgfältigen Aufbewahrung und Reinhaltung.

In dieser Beziehung genügt in der Regel der einfache Verschluss des optischen Apparates in dem Kasten nicht hinreichend, um den Staub abzuhalten, der bei trockenem Wetter zu allen Ritzen und Fugen von der Strasse aus in das Zimmer geweht wird, sich im Winter je nach der Heizungseinrichtung in diesem immer in mehr oder minder hohem Maasse ansammelt, in die Kästen zieht und die Linsen verunreinigt. Wo die Objective sich in eigenen gut schliessenden Etuis befinden, da erscheinen diese zwar etwas mehr geschützt, dagegen sind die Oculare gewöhnlich so angebracht, dass der Staub freieren Zutritt hat. Man kann nun allerdings den letzteren leicht wieder entfernen, so lange derselbe nur lose haftet, allein ich halte an dem Grundsatze fest, je weniger die Gläser des Putzens bedürfen, desto besser ist für ihre gute Erhaltung gesorgt. Schon in den kühlen und kalten Jahreszeiten kann der eingedrungene Staub insofern nachtheiliger wirken, als sich immer Beschlag von Feuchtigkeit bildet, welche den ersteren fester mit der Glasoberfläche verbindet, so dass dieselbe durch das Putzen stärker angegriffen wird. Ich habe mir aus diesen Gründen über die Kästen meiner sämmtlichen Mikroskope dicht anschliessende, bis über die Oeffnung für den Schlüssel reichende Wachstuchüberzüge anfertigen lassen und habe seitdem weit weniger mit dem Staube zu kämpfen, als früher.

Das Stativ jedesmal in den Kasten zu packen, wird für denjenigen, der sich täglich mit Beobachtungen beschäftigt oder während des Tages öfter seine Untersuchungen zu unterbrechen genöthigt ist, höchst unbequem und zeitraubend. Es ist daher zweckmässig, eine solche Einrichtung zu treffen, dass man das Instrument, nachdem die Linsen entfernt sind, ruhig auf dem Arbeitstische stehen lassen kann, indem es mit einer Umhüllung versehen wird, welche Staub und dergleichen möglichst gut abhält. Glaskästen erweisen sich hierzu insofern sehr angenehm, als man

sie so anfertigen lassen kann, dass sie Verschluss gestatten. Sie gewähren aber keinen ganz hinreichenden Schutz, indem durch die Fugen der Rahmen immer leicht feine Staubtheilchen eindringen. Weit besser bewähren sich in letzterer Beziehung die Glasglocken, wie man sie überall zum Schutze von Uhren und dergleichen im Gebrauche findet. Lässt man sich ein schweres quadratisches Brett mit ein oder zwei Lagen von weichem Leder überziehen, und stellt das Mikroskop mit seiner Schutzglocke darauf, so schliesst letztere, wenn sie einen gut abgeschliffenen Rand besitzt, so fest, dass man selbst nach längerem Stehen kaum Staubspuren auf dem Spiegel, Objecttisch u. s. w. wahrnimmt.

Das Stativ selbst reinige man nach jedesmaligem Gebrauche ganz und gar, und nicht etwa blos den Objecttisch, welcher am besten mit einem feinen Leinwandlappen abgerieben wird. Von dem Spiegel suche man unter gleichzeitigem Darüberhinblasen den Staub mittelst eines starken und weichen Haarpinsels zu entfernen. Für den übrigen Theil des Statives genügt in der Regel ein leichtes Abblasen und Abpinseln oder Abwischen mittelst eines alten, weichen seidenen Tuches. Wird die grobe Einstellung mittelst Verschiebung des Rohres bewerkstelligt, so suche man dieses immer ganz besonders rein zu halten und vermeide es, sich festen Schmutz darauf ansetzen zu lassen, weil, wenn dieses einmal geschehen ist, durch späteres starkes Reiben das Messing immer etwas angegriffen und die Bewegung zu leicht wird. Wird dagegen diese Einstellung durch Zahn und Trieb ausgeführt, so versäume man nicht, die Stahlstange, nachdem man sie sorgfältig von der alten Fettschicht und dem anhaftenden Schmutz gereinigt hat, von Zeit zu Zeit mit feinem nicht trocknendem Oele, oder noch besser mit chemisch reinem, wasserfreiem Glycerin einzureiben, um das Rosten zu verhüten, welches um so leichter eintritt, als der stets mit Wasserdunst geschwängerte Athem des Beobachters beständig darüber hinstreicht. Auch das Pergamentblättchen, welches sich als Zwischenlage bei der Einstellmutter der Mikrometerschraube befindet, fette man von Zeit zu Zeit — am besten mit etwas Talg — ein, damit alle unnöthige Reibung vermieden wird. Wo bewegliche Blendungen vorhanden sind, da widme man auch der Reinhaltung des Blendungsapparates, des Schlittens und der verschiebbaren Hülse die gehörige Sorgfalt. Alle diese Rathschläge mögen zwar Manchem, der mit der Behandlung seines Instrumentes schon mehr vertraut ist, etwas zu sehr ins Einzelne gehend erscheinen; man bedenke indessen, dass auch auf den Anfänger Rücksicht genommen werden muss, bei dem dieselben, wie ich aus Erfahrung weiss, oft sehr gut angebracht sind. Wer dieselben aufmerksam befolgt, der wird am besten dabei fahren und sich nicht nur an dem stets wohlaussehenden Aeusseren, sondern auch und namentlich an dem zuverlässig wirkenden Mechanismus seines Instrumentes erfreuen.

Die weitaus grösste Sorgfalt erfordert der eigentliche optische Apparat, Ocular- und Objectivsysteme. Wer damit stets die beste Wirkung erzielen will, der muss mit ängstlicher Sorgfalt über ihre Reinhal-

tung wachen. An den Ocularen machen sich kleine Schmutz- und Fettflecken, die auf der oberen Linse leicht entstehen können, ebenso kleine Staubtheile, Fäserchen und dergleichen sogleich bemerklich, ohne dass man besonders Acht darauf zu haben brauchte. Letztere entfernt in der Regel schon ein Pinsel, wenn man beim Abwischen zugleich sanft über die Linse bläst. Erstere dagegen müssen mittelst eines mit reinem, destillirtem Wasser oder nach Umständen mit Spiritus befeuchteten Leinwandläppchens weggenommen werden. Gelangt man durch diese Operation nicht zum Ziele und zeigen sich beim Durchsehen immer noch, namentlich undeutlicher umschriebene Flecken, so ist das ein Beweis, dass Staub durch die Fassung gedrungen ist und an den Innenflächen der Linsen haftet. Dann schraube man die beiden Linsen ab und reinige dieselben auch nach Innen.

Weit weniger machen sich geringere Verunreinigungen der Objectivlinsen bemerklich und mahnen so zur Reinigung. Man halte daher als ausnahmlose Regel fest, kein Objectivsystem — dessen Linsen man selbstverständlich niemals mit den Fingern anfassen soll — aus der Hand zu legen, ohne sich vorher davon überzeugt zu haben, dass es nicht etwa durch das Wasser des Objectträgers, durch gebrauchte Reagentien oder in sonst einer Weise verunreinigt worden ist, was hier und da auch dem sorgfältigsten Beobachter geschehen kann. Ausserdem untersuche man von Zeit zu Zeit seine Objectivsysteme sowohl an der vorderen, als an der dem Oculare zugewendeten Seite, ob deren Linsen nicht bestäubt oder beschmutzt sind. Eine derartige Verunreinigung erkennt man leicht, wenn man das System mit der vorderen Seite gegen das Auge hält und nun nach dem hellen Himmel blickt, oder wenn man die Linsen gegen das Fenster spiegeln lässt, wobei dessen Bild auf einer nicht reinen Linse trübe erscheinen wird.

Was die erstgenannten Verunreinigungen betrifft, so gilt als erste Regel, dieselben möglichst zu vermeiden zu suchen. Zu dem Ende verwende man zunächst, wie schon weiter oben erwähnt, nie zu kleine Deckgläschen, sondern solche, die etwa 15 bis 18^{mm} Seite haben. Dann suche man alle überflüssige am Rande des Deckgläschens stehende Flüssigkeit mittelst eines Pinsels, eines Stückchens Fliesspapier oder einer kleinen Pipette zu entfernen, weil sich sowohl die Wasserdünste wie die Dämpfe der Reagentien auf den Objectivlinsen niederschlagen. Aetzende, auf das Flintglas der vorderen Linse unbedingt schädlich wirkende Säuren und dergleichen vermeide man soviel wie möglich ganz oder nehme zu solchen Untersuchungen, wo sich dieselben nicht vermeiden lassen, minder gute Systeme, an denen weniger gelegen ist. Ist es trotz aller Vorsicht einmal vorgekommen, dass eine Objectivlinse durch irgend ein Reagens verunreinigt wurde, so spüle man dieselbe sofort sorgfältig mit destillirtem Wasser ab und wische sie nach mehrmaligem Bespülen mittelst eines weichen Leinwandlappens trocken. Man wird dann höchst selten einen Verlust zu beklagen haben. Dämpfe von Jod, mit welchem Reagens na-

mentlich der Pflanzenphysiologe häufig zu thun hat, lassen sich leicht mittelst Abwischens beseitigen, nur vermeide man, dass sie zu lange einwirken können. Mineralsäuredämpfe verlangen dagegen unbedingt das Abspülen mittelst destillirten Wassers.

Staub und derartige kleine Partikelchen lassen sich in der Regel schon durch den Pinsel, durch Leinwand oder weiches Leder entfernen. Sitzen sie fester, so benetze man die Linse oder das Leinwandläppchen wenig mit Wasser und wische leicht ab. Nur im äussersten Falle und namentlich wenn sich Fetttheilchen angesetzt haben, greife man zu Weingeist oder Alkohol. Dann aber befeuchte man das Läppchen nur wenig, weil sonst die etwa zwischen die Fassung dringende Flüssigkeit den Canadabalsam auflösen könnte, womit die Linsen zusammengekittet sind. Der dadurch herbeigeführte Schaden würde nur so wieder gut gemacht werden können, dass man das betreffende Objectivsystem von dem Optiker in Ordnung bringen liesse. Um von der hinteren, dem Oculare zugewendeten Linse den sich durch das Mikroskoprohr hinabsenkenden Staub zu entfernen, bedient man sich zweckmässig eines zugespitzten Hollundermarkstängchens, dem man nach jedem Abwischen eine frische Schnittfläche gibt. Gleich gute Dienste gewährt auch ein ähnlich zugeschnittenes Stäbchen aus Lindenholz, dessen Ende man mit feiner Leinwand umwickelt hat. Pinsel und Blasen thun dann das Uebrige. Sollte es nöthig werden, die Fassungen der einzelnen Linsen eines Objectivsystemes aufzuschrauben, welcher Fall indessen nur höchst selten eintreten wird, so hüte man sich ja, dabei mit zu grosser Gewalt zu verfahren, weil erstere dadurch leicht verbogen und damit verdorben werden. Wenn die Schrauben nicht mit der blossen Hand ohne grosse Anstrengung aufgedreht werden können, so bediene man sich folgender, schon von Kellner empfohlenen Vorrichtung. Man lasse sich in ein Stückchen weichen Holzes ein Loch drehen, dessen Durchmesser dem des entsprechenden geränderten Rundstäbchens der Fassung gleich ist, dann bringe man in einem zweiten Stückchen Holz ein Loch an, in welches das folgende Rundstäbchen knapp hineinpasst. Steckt man dann das erste Rändchen der Fassung in das Loch des einen Holzes und stülpt das andere Hölzchen über das zweite Rändchen, so wird man bei mässigem Drucke und aufdrehender Bewegung leicht die Trennung bewirken können, ohne dass die Fassung leidet.

Behandlung des Mikroskopes während des Gebrauches. — Die Sorge für das Mikroskop während des Gebrauches erstreckt sich neben den Vorsichtsmaassregeln in Bezug auf die Reinlichkeit namentlich darauf, dass man andere Beschädigungen der Linsen oder ein Zerbrechen derselben möglichst zu verhüten suchen muss. Ein solcher Unfall kann sich bei der groben Einstellung des Gegenstandes ereignen, indem man durch ein zu rasches und tiefes Herabschrauben oder Herabschieben des Rohres mit der vorderen Linse des Objectivsystemes

gegen den Objectträger oder das Deckglas stossen und dabei neben einer herbeigeführten Beschmutzung Gefahr laufen könnte, dieselbe durch Druck oder Stoss mehr oder minder stark zu beschädigen oder gar zu zersprengen. Dies ist namentlich dann leicht möglich, wenn die vordere Linse mit dem Rande der Fassung in einer Ebene liegt und nicht, wie dies bei den Objectivsystemen von Belthle, von Bénèche, Hartnack und Zeiss der Fall ist, durch einen etwas hervorstehenden Rand geschützt wird. Einem solchen Unfalle, der auch dem Geübteren einmal begegnen kann, lässt sich am sichersten vorbeugen, wenn man es sich zur festen Regel macht, die grobe Einstellung nie so zu bewerkstelligen, dass man das Rohr gegen das Object bewegt, während man in das Mikroskop sieht, sondern dass man das Objectivsystem, indem man horizontal über den Objecttisch hinwegsieht, dem Deckgläschen etwas weiter nähert, als eigentlich erforderlich ist, und die genaue Einstellung dann durch Heben des Tubus mittelst der Mikrometerschraube bewirkt. Auch beim Wechseln der Objectivsysteme kann leicht ein Unfall vorkommen, wenn man beim Festschrauben nicht höchst vorsichtig zu Werke geht. Man lasse hierbei die Hand niemals eher von dem Objectivsysteme los, als bis die Verschraubung vollkommen festsitzt. Versäumt man dies, so mag es sein, dass die Schraube noch nicht vollkommen gegriffen hat und das Objectivsystem auf den Objecttisch oder gar auf den Boden fällt. Geht dabei im günstigsten Falle keine Linse zu Grunde, so dürfte doch schon die Erschütterung nachtheilig auf die Fassung oder die Verkittung wirken. Wo das Rohr verschiebbar ist, da versäume man nicht, dieses beim Wechseln der Objectivsysteme ganz herauszunehmen. Wo dagegen die grobe Einstellung mittelst Zahn und Trieb bewirkt wird, da hebe man das Rohr so hoch wie möglich, um hinreichenden Raum für die freie Bewegung der Hände zu haben.

Werden Objectivsysteme mit Verbesserungseinrichtung verwendet, so achte man genau darauf, dass mit der Correction zugleich die feine Einstellung ausgeführt wird, um das Object immer genau im Auge zu behalten und nicht etwa durch nachherige verkehrte Bewegung der feinen Einstellung einen Druck auf das Deckglas auszuüben, was sich namentlich bei den stärkeren Systemen dieser Art leicht ereignen kann. Sind diese zugleich zum Eintauchen bestimmt, so sei man mit dem Aufbringen des Wassertropfens immer recht vorsichtig, weil sich sonst leicht Luftblasen einschleichen und mancherlei Mühe und Zeitverlust veranlassen. Ich habe es am besten gefunden, dass man zuerst die untere Linse des Objectivsystemes sorgfältig abwischt, etwas anhaucht und dann einen Tropfen Wasser aufgibt, der beim Senken des Rohres sich leicht mit einem zweiten in ähnlicher Weise auf das Deckglas gebrachten Wassertropfen vereinigt, ohne dass sich Luft eindrängen könnte. Dass man hier nur das reinste destillirte Wasser verwenden darf, wurde schon weiter oben erwähnt.

Beim Wechseln der Oculare hat man weit weniger einen Unfall

zu fürchten. Nur habe ich gefunden, dass bei gleichzeitigem Wechseln von Ocular und Objectivsystem ein oder der andere Beobachter jenes ins Rohr setzte, bevor er das Objectivsystem angeschraubt hatte. Die Folge davon war, dass das Ocular, wenn es sich nicht etwas schwer in dem Rohre schob, schnell und heftig einfiel, weil die verdrängte Luft rasch nach unten entweichen konnte. Dies rasche ins Rohr Fallen suche man stets zu vermeiden, denn es kann dabei leicht vorkommen, dass die festeingespannten Linsen, namentlich wenn sie am Rande kleine Fehler haben (was hier und da der Fall ist, ohne dass es ihrer Wirkung Eintrag thut), durch die starke Erschütterung geradezu gesprengt werden. Man lasse beim gleichzeitigen Wechseln von Ocular und Objectiv, um das Eindringen von Staub in das Rohr zu verhüten, stets das früher gebrauchte Ocular sitzen, bis man das neue Objectivsystem angeschraubt hat, und wechsle dann erst mit jenem.

Auch die Behandlung der Einstellungsvorrichtung, namentlich aber der Mikrometerschraube während der Beobachtung verlangt ihre Vorsicht. Um die letztere immer in gutem und regelmässigem Gange zu erhalten, mache man es sich zur Regel, die Feder weder längere Zeit in stärkerer Spannung zu lassen, noch dieselbe zu lose zu halten. Man gebe der Mikrometerschraube daher eine mittlere Stellung, in welche man sie immer wieder zurückbringt, wenn sie zu weit vor- oder zurückgeschraubt worden war. Vor Allem hüte sich aber der Anfänger vor einer Misshandlung der Mikrometerschraube, welche hier und da bei den weniger Kundigen dadurch hervorgerufen wird, dass die Hülse, welche den optischen Apparat trägt, schon bis zu ihrer äussersten Grenze gehoben oder herabgezogen ist. Die Schraube versagt dann den Dienst und man lasse sich nun ja nicht verleiten, durch Gewalt deren Bewegung zu erzwingen, sondern drehe sie wieder bis in eine mittlere Stellung zurück, welche leicht zu ermitteln ist.

Beim Gebrauche des Mikroskopes in der kälteren Jahreszeit hat man mit einer höchst störenden Unannehmlichkeit zu kämpfen, indem während der Beobachtung nicht allein das Metall des Statives durch den Einfluss des Athmens anläuft, was oft bis zur Tropfenbildung gehen kann, sondern dass sich auch die obere Linse der Oculare durch Beschlag trübt, sobald man das Auge darüber bringt. Ersteres, was namentlich dann stört, wenn der Objecttisch anläuft und dadurch die Bewegung des Objectträgers gehemmt wird, und bei Instrumenten mit grober Einstellung durch Zahn und Trieb insofern nachtheilig wirkt, als es das Rosten der Stahlstange befördert, vermeidet man am besten dadurch, dass man das Stativ nicht im Kasten, sondern unter einer Glasglocke im geheizten Zimmer aufbewahrt. Hat sich dasselbe indessen während der Nacht dennoch zu stark abgekühlt, so bringe man es kurze Zeit in die Nähe des Ofens, bis das Metall die Temperatur der umgebenden Zimmerluft angenommen hat, hüte sich aber, dabei zu grosse Wärme auf dasselbe wirken zu lassen. Mit den Ocularen kann man sich,

wenn die Collectivlinse nicht etwa von einer achromatischen Doppellinse gebildet wird, auf dieselbe Weise durch Erwärmung in der Nähe des Ofens helfen. Ist jenes der Fall, so hält man nur die vordere Linse den von dem Ofen ausgehenden Wärmestrahlen entgegen, wodurch die Oberfläche bald die gewünschte Temperatur annimmt.

2. Vorsichtsmaassregeln für das Auge.

Noch immer hält man vielseitig an der Meinung fest, als ob die mikroskopische Beobachtung dem Auge gefahrbringend sei und nach und nach eine Schwächung des Sehvermögens herbeiführe. Weiter verbreitet und gestützt wurde dieselbe noch durch die Erfahrungen, welche in der Regel Laien oder Anfänger in der mikroskopischen Beobachtung machen. Das Sehen durchs Mikroskop verlangt eben wie jede andere körperliche Verrichtung Uebung und Gewöhnung und veranlasst wie jede solche im Anfange eine gewisse Abspannung des betreffenden Organes. Wer diese Uebung nicht besitzt, der sucht ausserdem unwillkürlich die gewöhnliche Art des Sehens auf das Mikroskop zu übertragen und lässt das Accommodationsvermögen des Auges wirken, um von in verschiedener Tiefe des Gesichtsfeldes befindlichen Gegenständen gleich deutliche Gesichtseindrücke aufzunehmen. Da nun bei dem mikroskopischen Sehen und namentlich bei fortdauernd angestrengter Beobachtung die Ruhepunkte fehlen, welche bei dem gewöhnlichen Sehen zwischen den aufzufassenden verschiedenen Gesichtseindrücken liegen, so wird in dem noch ungeübten Organe bei den beständigen Accommodationsversuchen um so eher ein Zustand der Ermüdung gefühlt, welcher sich oft höchst empfindlich äussert.

Manchem, der sich in seiner Lebensstellung mit mikroskopischen Untersuchungen zu beschäftigen den Anlass und sogar die Pflicht hätte, dienen solche Erfahrungen nicht selten zum Entschuldigungsgrunde für seine Nachlässigkeit. Den Anderen schrecken dieselben von dem Gebrauche eines Instrumentes ab, durch welches er sich Aufschlüsse verschaffen möchte, die ihm ein lebhaftes Bedürfniss geworden sind. Letzteren zum Troste sei es hier besonders hervorgehoben, wie es vor mir schon durch die tüchtigsten Mikrographen geschehen ist, dass die erwähnte Meinung durchaus allen Grundes entbehrt. Die bei den ersten Versuchen sich einstellende Ermüdung wird nach und nach immer weniger fühlbar, indem man sich mehr und mehr daran gewöhnt, das mikroskopische Bild auf der Netzhaut wie auf einem Schirme aufzufangen, während alle anderen Operationen, die man gewöhnlich durch das Accommodationsvermögen vollzieht, auf den Einstellungsapparat des Mikroskopes übertragen werden. Der anhaltende Gebrauch des zusammengesetzten Mikroskopes schadet nicht allein dem Sehvermögen im Allgemeinen nicht, sondern gerade durch denselben wird das Auge im Laufe der Zeit immer geschickter, feinere und längere Anstrengung verlangende Beobachtungen zu er-

tragen. Wie viele unserer tüchtigsten Mikroskopiker setzen ja doch ihre Beobachtungen bis in das späteste Alter fort! Ich erinnere unter den älteren nur an Leeuwenhoeck, der ausserdem nur das einfache Mikroskop gebrauchte, welches das Auge bedeutend mehr anstrengt, als das zusammengesetzte; unter den neueren an Hugo v. Mohl, der noch jetzt, nach mehr als dreissigjährigem Gebrauche des Mikroskopes, die feinsten und schwierigsten Untersuchungen ausführt. Ich selbst habe darin die sichersten Erfahrungen gemacht. Ein seit 15 Jahren fortgesetzter anhaltender Gebrauch des Mikroskopes hat in meinem Sehvermögen durchaus keine Aenderung hervorgebracht und tagelang ununterbrochen fortgesetzte Beobachtung bewirkt in meinem rechten Auge durchaus keine Ermüdung etc., während allerdings bei sehr lange währenden, ganze Tage andauernden Untersuchungen das linke Auge mich etwas schmerzt. Aehnliche Erfahrungen haben auch andere Mikrographen gemacht. Um den letzteren Uebelstand zu verhüten, wird empfohlen, mit beiden Augen abwechselnd zu beobachten. Ich selbst kann über diesen Rath kein Urtheil fällen, da ich mein linkes Auge nicht gebrauchen kann; auch habe ich unter den mir bekannten Mikroskopikern keinen gefunden, der dies auf längere Zeit versucht hätte. Derselbe hat indessen seine theoretische Begründung und mag sich deshalb wohl bewähren.

All dies hat natürlich nur im Allgemeinen Gültigkeit und es bedarf der entschiedensten Vorsicht und Rücksichtnahme auf das gerade für den Mikroskopiker wichtigste Vermögen, das Sehvermögen. Wie auf jedes Organ übermässige Anstrengung und zu starke Reize gefahrbringend wirken, so auch auf das so fein und empfindlich organisirte Auge. Die in dem Folgenden gegebenen Vorsichtsmaassregeln halte man daher möglichst sorgfältig ein und weiche nur in solchen Fällen davon ab, welche eine Ausnahme unbedingt erheischen.

1. Man gewöhne sich vor Allem daran, beim Beobachten auch das nicht in das Mikroskop blickende Auge offen zu halten. Anfangs fällt dieses allerdings etwas schwer und man findet, dass das mikroskopische Bild wegen der Vermischung mit den von dem zweiten Auge aufgefassten und auf die Netzhaut projicirten Gegenständen nicht so scharf und bestimmt gesehen wird, als wenn man das zweite Auge schliesst. Es lernt sich indessen bald, die Aufmerksamkeit so vollständig auf den mikroskopischen Gegenstand zu richten, dass man gleichsam mit dem zweiten Auge nichts mehr sieht, und dem mikroskopischen Bilde keinerlei Eintrag geschieht. Für das Auge selbst ist aber diese Regel insofern von Wichtigkeit, als das, wenn auch unwillkürliche Zudrücken des einen Auges eine sympathische Spannung in den Lidmuskeln des anderen Auges erzeugt, welche auf die Dauer ermüdend wirkt.

2. Allzustarke Reize vermeide man, wie das ja auch der gewöhnliche Gebrauch des Auges verlangt. Ein Fehler in dieser Beziehung wird häufig von Anfängern und solchen Mikroskopikern, welche ihr Instrument nur zu vereinzelten Beobachtungen gebrauchen, dadurch begangen, dass

sie von dem Vorurtheile befangen sind, sie könnten nie genug Licht bekommen, und in Folge dessen das Gesichtsfeld zu stark erhellen. Damit ist aber nicht allein Nichts gewonnen, weil bei einer solchen grellen Beleuchtung alle feineren Structurverhältnisse verschwimmen, sondern die Netzhaut wird dadurch viel zu stark gereizt und dieser fortwährenden Ueberreizung muss natürlich eine entsprechende Abspannung der Reizbarkeit folgen. Passende Dämpfung des Lichtes durch geschickte Verwendung des Blendungsapparates, die man sich anzueignen suchen muss, kann ich hier nicht dringend genug empfehlen. Weit weniger nachtheilig als zu grelle wirkt eine etwas schwache Beleuchtung, obwohl auch diese im Allgemeinen zu vermeiden ist. Vor allen Dingen aber hüte man sich vor der Beleuchtung mittelst directen Sonnenlichtes. Was man mit unseren heutigen Mikroskopen nicht bei gutem Tageslichte sieht, das lässt sich auch durch Sonnenlicht nicht erzwingen, dessen Anwendung das Auge unfehlbar zu Grunde richtet.

3. Nicht weniger sorgfältig als allzustarke Beleuchtung des Gesichtsfeldes vermeide man auch den zu starken Gegensatz von Licht und Dunkelheit.

In dieser Beziehung ist namentlich der Rath verwerflich, den ich noch in einigen englischen Werken angeführt finde, das Zimmer ganz zu verdunkeln und das Tageslicht nur durch eine kleine Oeffnung des Ladens auf den Spiegel fallen zu lassen. Da hierbei das Auge sich bald dem erhellten Gesichtsfelde des Mikroskopes, bald dem Dunkel des Zimmers ausgesetzt findet, so treffen die Netzhaut so weit auseinander liegende Lichteindrücke, dass eine abnorme, schädliche Reizung unausbleiblich ist. Dann erweitert sich die Pupille bald, bald muss sie sich verengern, um den in das Auge tretenden breiten Lichtbüschel zu vermindern und diese immer wiederkehrende Ausdehnung und Verengerung können wohl auch kaum ohne nachtheilige Folgen bleiben. Heftige Schmerzen in den Augen und folgende Schwächung des ganzen Sehvermögens würden bei solcher Beobachtungsweise unvermeidlich sein. Ausserdem ist diese Einrichtung auch ganz und gar nicht damit verträglich, dass man die Objecte herrichten und die mikroskopischen Bilder sofort durch die Zeichnung festhalten soll und muss.

Die Beobachtung bei künstlichem Lichte kann ich ebenso wenig empfehlen. Sucht man auch durch mattgeschliffene oder gefärbte Gläser das Lampenlicht dem Tageslichte möglichst nahe zu bringen, so bleibt doch immer ein Gegensatz zwischen der Beleuchtung des Gesichtsfeldes und derjenigen des Zimmers, der, wenn auch nicht so bedeutend, wie in dem vorhergehenden Falle, doch immer gross genug ist, um auf die Dauer seinen nachtheiligen Einfluss zu äussern. Wer das Mikroskop gebrauchen will und muss, der wird auch am Tage die nöthige Zeit finden, um seine Beobachtungen auszuführen.

3. Eigenthümlichkeit des mikroskopischen Sehens.

Gewöhnliches Sehen. — Das Sehen überhaupt ist eine reine Verstandesoperation, welche aber so rasch auf den von Aussen kommenden Reiz hin vollzogen wird, dass wir uns des Ueberganges von der Empfindung zu deren äusserer Ursache kaum bewusst werden. Trotzdem aber, dass diese Verstandesoperation von uns, ohne als solche zum Bewusstsein zu gelangen, ich möchte sagen, fast unmittelbar vollzogen wird, und wir die durch das Auge vermittelten Wahrnehmungen sofort als vollendete Anschauungen, gleichsam als ob dieselben durch von Aussen unmittelbar gegebene Eindrücke erzeugt seien, fertig haben, verlangt dieselbe dennoch eine gewisse Ueberlegung und entschiedene Uebung. Es dauert während des Kindesalters eine geraume Zeit, ehe wir im Stande sind, aus den von Aussen kommenden Daten uns unter Zuhilfenahme des Tastsinnes ein richtiges Bild von der Körperwelt, von der Entfernung im Raume u. s. w. zu construiren. Diese Construction gelingt aber in allen Fällen um so leichter, je grösser die Anzahl der einzelnen Momente der Wahrnehmung ist und je stetiger dieselben aufeinander folgen. Hierin beruht denn auch wesentlich der Unterschied zwischen dem gewöhnlichen und dem mikroskopischen Sehen, welche nicht sowohl der Art, als vielmehr der Quantität nach verschieden sind.

Auf der Netzhaut des ruhenden Auges, welche als der eigentlich thätige Factor des Gesichtssinnes zu betrachten ist, entsteht vermöge des Baues des ersteren und der Gesetze, denen die Lichtstrahlen in ihrer geradlinigen Verbreitungsweise folgen, streng genommen stets nur das Bild einer aus leuchtenden Punkten gebildeten Fläche, während alle ausserhalb dieser Fläche liegenden Punkte für diesen bestimmten Zustand des Auges nur Diffusionsbilder erzeugen. Hiernach würde eigentlich das Abbild der äusseren Welt, das wir vermöge unserer geistigen Thätigkeit construiren, ein weit verschiedenes von dem sein, wie wir es wahrzunehmen gewohnt sind. Dass dies nicht der Fall ist und dass wir eben die Gesammtheit der in verschiedenen Ebenen gelegenen äusseren Objecte als ein gleichsam in allen Einzelheiten scharfes Bild auffassen, hat seinen Grund in dem Baue und den Fähigkeiten unseres Auges wie des ganzen Körpers. Erstlich besitzt nämlich das Auge ein in gewisse nicht allzuscharfe Grenzen eingeschlossenes Vermögen, sich in rascher Folge den Entfernungen anzupassen. Wir können somit Gegenstände, welche ungleich weit von unserem Auge und nicht allzuweit von einander entfernt sind, ebenso in verschiedenen Ebenen befindliche Theile eines und desselben Körpers gleich deutlich sehen und es wird dadurch möglich, verschiedene Gesichtseindrücke uns so schnell in der Zeit und mit einem so stetigen Durchlaufen aller zwischenliegenden Punkte im Raume zu verschaffen, dass es uns äusserst leicht ist, alle dieselben sofort zu combiniren. Dann ist das Auge beweglich und wir können mit

demselben über die verschiedenen Gegenstände, wie über die verschiedenen Theile eines und desselben Gegenstandes hingleiten, so dass unsere Netzhaut in jedem Augenblicke einen anderen Theil des Gesichtsfeldes aufzunehmen im Stande ist. Wir können ausserdem den Kopf bewegen und vermögen dadurch wiederum verschiedene Seiten der Körper aufzufassen. Endlich liegen in der Beweglichkeit unseres Leibes sowie darin, dass wir die Gegenstände ausser uns in die verschiedensten Lagen zu bringen im Stande sind, weitere Momente, die es uns in Verbindung mit den ersteren gestatten, von einem Gegenstande die verschiedensten Anschauungen zu gewinnen und uns über die relative Form und Lage seiner einzelnen Theile zu unterrichten. Und reicht dies alles nicht aus, so haben wir noch den Tastsinn, der uns für nicht ausser unserem Bereiche liegende Gegenstände zur Hilfe kommt.

In all diesen verschiedenen Momenten wird uns eine hinreichend sichere Grundlage geboten, auf der wir, unterstützt von Erfahrung und Uebung, durch welche wir aus der Grösse des Gesichtswinkels und der mehr oder minder grossen Deutlichkeit des Gesichtseindruckes auf die Entfernung und somit auf die relative Lage der Gegenstände und ihrer einzelnen Theile schliessen lernen, die figürliche Construction der Körperwelt vornehmen können.

Mikroskopisches Sehen. — Ganz anders gestaltet sich dagegen die Sache bei dem mikroskopischen Sehen. Hier fallen alle die genannten Hilfsmittel hinweg. Wir sehen zunächst den Gegenstand für sich isolirt, und betrachten denselben mit nur einem in der Regel ruhenden Auge, welches in unveränderter Stellung zu ihm erhalten werden muss. Dann hilft das Accommodationsvermögen des Auges nichts, indem wir durch das Mikroskop stets nur — und zwar um so genauer, je besser dessen Objectivsysteme sind — das in einer mathematischen Fläche liegende Bild sehen. Was über oder unter dieser Fläche liegt, ist für uns so gut wie gar nicht vorhanden. Wollen wir uns davon eine Anschauung verschaffen, so müssen wir geradezu das eine Gesichtsbild vernichten und ein anderes an dessen Stelle setzen. Dies kann aber nur durch die Aenderung der Einstellung geschehen. Was wir also bei dem gewöhnlichen Sehen in stetiger Aufeinanderfolge ausführen, das kann bei dem mikroskopischen Sehen nur in Folge der verschiedenen Einstellungen in entschieden merkbaren Unterbrechungen und nebenbei nie so vollkommen geschehen, wie dort. Wie sehr dies die Verbindung der einzelnen von einander verschiedenen, niemals stetig ineinander überfliessenden Gesichtseindrücke zu einem Ganzen erschweren muss, ist auf den ersten Blick einleuchtend.

Zu dem Allem kommt noch die, von der gewohnten, bei dem Sehen mit blossem Auge in Anwendung kommenden ganz verschiedene Beleuchtung der mikroskopischen Präparate. Dort sieht man einen Gegenstand vermittelst des von ihm zurückgeworfenen oder zerstreuten Lichtes. Diese Beleuchtung aber findet bei der mikroskopischen Be-

obachtung nur eine beschränkte Anwendung bei der Betrachtung undurchsichtiger Objecte. Am häufigsten muss man, um sich über die feineren Structurverhältnisse der mikroskopischen Objecte Aufschluss zu verschaffen, nachdem man sie gehörig vorbereitet und hinreichend durchsichtig gemacht hat, zu der Beleuchtung mittelst durchgehenden Lichtes greifen. Hierbei aber sehen wir mehr ein Schattenbild des Gegenstandes, als ihn selbst. Das ganze Sehen bei dieser Beleuchtungsweise beruht nämlich einerseits auf der Absorption, andererseits auf der Brechung und Zurückwerfung des Lichtes, welche verschiedene nebeneinander liegende Theile eines Gegenstandes bewirken, so dass eine mehr oder minder grosse Anzahl der auf einen durchsichtigen Körper treffenden Strahlen von der Netzhaut abgehalten und auf derselben neben den, den leuchtenden Stellen des Gesichtsfeldes entsprechenden positiven sogenannte negative Gesichtseindrücke erzeugt werden.

Das mikroskopische Sehen muss nach allem dem allerdings durch die Uebung erlernt werden. Es ist so zu sagen eine gewisse Erziehung nothwendig, um aus den durch das Mikroskop erhaltenen Gesichtseindrücken die richtige körperliche Construction vornehmen, d. h. die mikroskopischen Bilder richtig deuten zu können. Um diese zu erlangen, bedarf es aber, wie man wohl anzunehmen geneigt sein könnte, weder sehr langer Zeit noch sehr bedeutender Anstrengung. Sie ergibt sich vielmehr, wenn man sich erst mit der richtigen, durch die eben angedeuteten Verschiedenheiten gebotenen Methode der Beobachtung vertraut gemacht hat, bei einiger Umsicht während des Beobachtens nach und nach von selbst.

II. Methode der mikroskopischen Beobachtung.

Die leitenden Grundsätze für die Methode der mikroskopischen Beobachtung haben wir aus der eben gegebenen Entwickelung der Eigenthümlichkeit des mikroskopischen Sehens zu entnehmen. Um den aus derselben entspringenden Nachtheilen in Bezug auf die zu vollführenden Verstandesoperationen, d. h. auf die Deutung der mikroskopischen Gesichtseindrücke zu entgehen und um ferner die Resultate der Beobachtung vor den durch die Phantasie hervorgerufenen Täuschungen zu sichern, müssen wir die darauf bezüglichen Elemente so zu klären und zu vermehren suchen, dass wir in denselben hinreichend sichere Grundlagen gewinnen, auf denen wir die figürliche Construction mit Vertrauen vornehmen können.

Diese Aufgabe aber zerfällt wieder in zwei wesentliche Theile:

Erstens haben wir Alles nicht wirklich zu dem jeweiligen Gegenstande der Beobachtung Gehörige von dem mikroskopischen Bilde auszuscheiden, und

Zweitens eine möglichst vielseitige und scharfe

Auffassung des betreffenden Objectes und seiner einzelnen Theile zu ermöglichen.

Was nun in Beziehung auf den ersten Theil unserer Aufgabe diejenigen Mängel betrifft, welche dem mikroskopischen Bilde an Form und Farbe in Folge der sphärischen und chromatischen Abweichung der Linsen anhaften, so hat der Fortschritt in der praktischen Optik hinreichend für deren Entfernung gesorgt. Es bleibt daher Sache des Beobachters, auf Grund der in einem früheren Abschnitte gegebenen Anleitung zur Prüfung des Mikroskopes sich mit einem möglichst fehlerfreien Instrumente zu versehen oder sich doch hinreichend mit dessen etwaigen Fehlern bekannt zu machen, um durch dieselben nicht irre geleitet zu werden.

Ausserdem gibt es aber noch einige andere, zwar dem Bilde, aber nicht dem Gegenstande angehörige optische Erscheinungen, welche auch bei dem sorgfältigsten Baue des optischen Apparates nicht entfernt gehalten werden können, und welche der Beobachter kennen muss, um ihren Antheil aus der Vorstellung über den wirklichen Gegenstand eliminiren zu können.

Endlich kommen neben diesen optischen, nur dem Bilde an sich angehörenden Erscheinungen noch eine Reihe von Gegenständen und Erscheinungen vor, die zwar in dem Gesichtsfelde auftreten können, ohne aber dem Bilde oder dem Gegenstande anzugehören. Mit diesen muss man sich gleichfalls bekannt gemacht haben, ehe man mit Erfolg zu einer mikroskopischen Beobachtung schreiten kann.

Wir haben in beiderlei Erscheinungen und den fremden Gegenständen das Gebiet der sogenannten optischen Täuschungen und der Veranlassungen zu mikroskopischen Irrthümern vor uns, dem namentlich im Interesse des Anfängers und weniger geübten Beobachters eine eingehendere Betrachtung zu widmen ist.

Um dem zweiten Theile unserer Aufgabe zu genügen, ist es erstlich nothwendig, dass die Objecte, soweit ihnen dieselbe nicht schon an sich eigen ist, eine für die mikroskopische Beobachtung möglichst günstige Beschaffenheit erhalten, um dem Gesichtssinne eine recht vielseitige Auffassung zu gestatten. Wir werden uns also dabei zunächst mit der Zu- und Vorbereitung der mikroskopischen Präparate zu befassen haben. Dann werden wir das eigentliche, die zweckmässige Verwendung des mechanischen und optischen Hauptapparates umfassende Feld der Beobachtungsmethode betreten, und endlich, um dem Gegenstande möglichst viele Seiten abzugewinnen und die Elemente der Anschauungen in geeignetem Maasse zu vergrössern, alle die hierfür gebotenen Handgriffe und Hilfsmittel ins Auge fassen und anwenden lernen müssen, die sich als optische, mechanische und chemische unterscheiden lassen.

1. Ausscheidung des dem mikroskopischen Bilde Fremden. Vermeidung von Täuschungen.

a. Optische Erscheinungen. — Unter den Erscheinungen, welche optische Täuschungen veranlassen können, nehmen jene die erste Stelle ein, welche bei den Mikroskopikern unter dem Namen Beugungserscheinungen bekannt sind. Dieselben werden durch Interferenzen hervorgerufen, die ihren Grund in den verschiedenen Ablenkungen haben, welche, wie Nägeli zuerst nachgewiesen, die Lichtstrahlen auf ihrem Wege von der Lichtquelle nach dem Mikroskope und durch den Gegenstand der Beobachtung erleiden. In Folge dieser Erscheinung treten längs der dunklen Ränder eines in der Focalebene befindlichen Körpers innerhalb und ausserhalb seiner Grenzlinien einer oder mehrere, mit dunklen Linien abwechselnde Lichtstreifen auf, welche bei intensiver Beleuchtung wiederum Farbensäume zeigen. Es treten diese Erscheinungen namentlich bei der Betrachtung durchsichtiger Gegenstände mittelst durchgehenden Lichtes auf. Weit seltener oder gar nicht kommen sie dagegen bei der Beobachtung undurchsichtiger Gegenstände mittelst auffallenden Lichtes vor. Am meisten scheinen dieselben durch sehr starke, mittelst künstlichen Lichtes oder Sonnenlichtes bewirkte Beleuchtung begünstigt zu werden, wo sie dann einen um so bedeutenderen Einfluss auf die Netzhautbilder äussern, je stärker die Vergrösserung ist. Um ihnen daher so weit, als irgend möglich vorzubeugen, muss man sich zunächst vor jeder allzugrellen Beleuchtung hüten, welche ja überdies ihre anderen Nachtheile hat, und dann zweckentsprechend mit den Vergrösserungen wechseln.

Zum Verständniss des Wesens dieser Erscheinungen müssen, die Bekanntschaft mit den physikalischen Grundlagen vorausgesetzt, folgende Umstände ins Auge gefasst werden. Erstlich sind bei der am häufigsten angewendeten Beleuchtung der mikroskopischen Objecte und des Gesichtsfeldes mittelst durchgehenden Lichtes dieses letztere, sowie die ersteren als eine Gesammtheit von selbstleuchtenden Punkten zu betrachten, denen aber diese Eigenschaft nur in Bezug auf den optischen Apparat und in Folge des von einer anderen Lichtquelle ausgesendeten Lichtes zukommt. Dann ist festzuhalten, dass die Beobachtungsgegenstände in der grossen Mehrzahl der Fälle von einer Flüssigkeit (Zusatzflüssigkeit) oder von Luft umhüllte hohle, von gewölbten oder ebenen Flächen umschlossene, oder solide, von ähnlichen Flächen begrenzte lichtdurchlassende (durchsichtige) Körperchen sind, in deren Innerem die Lichtstrahlen in Bezug auf ihren Gang wesentliche Aenderungen, Brechungen, Spiegelungen erleiden.

Sehen wir uns die Verhältnisse und Bedingungen an, welche unter den eben gemachten Voraussetzungen zur Hervorrufung von Interferenzen Veranlassung geben, so ergibt sich Folgendes:

Erstens können die von der Lichtquelle, also von dem Beleuchtungs-

apparate aus nach ihrem Durchgange durch das, den Beobachtungsgegenstand umgebende Mittel in das Mikroskop tretenden Lichtstrahlen mit solchen interferiren, welche durch die Substanz des Objectes selbst gegangen sind. Denn da in der Regel zwischen dem umhüllenden Mittel und der Substanz des Objectes eine mehr oder minder grosse Verschiedenheit in Bezug auf das Brechungsvermögen stattfindet, so werden auch bei dem Durchgange der Lichtstrahlen durch dieselben verschiedene Abweichungen in Bezug auf deren Weg, d. h. Gangunterschiede hervorgerufen, welche zu Interferenzen der zusammentreffenden Strahlen Veranlassung geben.

Hier werden sich die abwechselnd hellen und dunklen Streifen nach Aussen von den Grenzen der Beobachtungsobjecte zeigen müssen und in dem Maasse an Stärke und Intensität abnehmen, als die organische Substanz und die Zusatzflüssigkeit an Brechungsvermögen weniger verschieden sind. Im Ganzen werden sie nur selten von Einfluss auf das mikroskopische Bild sein, da eben die Verschiedenheit der brechenden Substanzen, von denen ausserdem die eine die andere sehr häufig durchdringt, in der Regel eine so geringe ist, dass die Erhellungsdifferenzen der Interferenzstreifen kaum oder gar nicht hervortreten.

Zweitens können die Interferenzen hervorgerufen werden durch Gangunterschiede zwischen denjenigen Strahlen, welche blos durch das den Beobachtungsgegenstand umgebende Medium gegangen, und denen, welche an den äusseren geraden oder gewölbten Grenzflächen des ersteren zurückgeworfen, gespiegelt worden sind. Hier haben wir eines jener Verhältnisse, welche sich bei der mikroskopischen Beobachtung am häufigsten und merkbarsten kund geben dürften. Die Interferenzstreifen können dabei je nach Form und Beschaffenheit der spiegelnden Grenzflächen und des umhüllenden Mediums in verschiedener Schärfe u. s. w. auftreten und leicht Grund zu optischen Täuschungen geben. Objecte, an denen sie vorzugsweise beobachtet werden, sind Quer- und Längsschnitte von Zellen, Röhren, Fasern, wo sie immer an der Aussenseite der eigentlichen Grenzlinien erscheinen. In gleicher Weise finden sie sich bei soliden kleinen Körnchen, feinen Fäden und dergleichen.

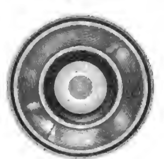
Drittens werden die Interferenzen veranlasst durch das Zusammentreffen von Lichtstrahlen, welche vermöge ihres Durchganges durch das Object eine Brechung erlitten haben, mit solchen, welche an dessen inneren Seitenflächen gespiegelt worden sind. Auch dieser Fall dürfte sich bei der Beobachtung durchsichtiger Gegenstände in ähnlicher Weise geltend machen, wie der vorhergehende, und unterscheidet sich derselbe von jenem nur insofern, als hier die Interferenzstreifen nach der Innenseite der wahren Grenzlinien verlegt werden.

Aus der Betrachtung dieser drei Fälle, in denen Interferenzen auftreten können, geht hervor, dass wohl selten einer derselben allein seinen Einfluss auf die Beschaffenheit des mikroskopischen Bildes äussert, sondern dass in der Regel eine Complication derselben statthaben wird,

wodurch je nach Umständen eine Verstärkung oder Schwächung der Einzelerscheinung bewirkt werden kann. Ausserdem trägt zur Complication auch noch der Umstand bei, dass ebensowohl die gebrochenen wie die zurückgeworfenen Strahlen untereinander interferiren können, indem solche je einer Art, die mit Gangunterschieden behaftet erscheinen, zusammentreffen.

Wo die oben beschriebenen Säume und Linien auftreten, sucht man sich am besten durch Veränderung der Beleuchtung sowie durch Wechsel in der Vergrösserung oder Einstellung davon zu überzeugen, ob dieselben dem Gegenstande selbst oder nur dem Bilde angehören, indem man sie in dem letzteren Falle durch diesen Wechsel ganz oder zum Theil entfernen oder in ihren Abständen und ihrer Zahl modificiren kann. Dieselben haben indessen ein eigenthümliches, kaum näher zu beschreibendes Aussehen, und es besitzen namentlich die zwischen den dunkleren Linien liegenden Stellen einen so eigenthümlichen Glanz, dass der geübte Beobachter wohl selten dadurch getäuscht werden dürfte. Der Ungeübtere muss sich jedoch mit ihnen möglichst bekannt zu machen suchen, um nicht irre geführt zu werden. Ein passendes Object, um Interferenzstreifen der zweiten Art hervorzubringen, gewähren kleine Luftblasen in Flüssigkeiten (Fig. 215) oder Quecksilberkügelchen, deren dunklen

Fig. 215.



Luftbläschen unter dem Mikroskope bei Einstellung auf den Durchschnitt.

Rand man von einem oder mehreren hellen Lichtsäumen eingefasst sieht, welche selbst wieder von feinen dunklen Linien begrenzt erscheinen. Kleine und kugelförmige Stärkekörner ohne deutliche Schichtung, oder grössere Chlorophyllkörner leisten fast gleich gute Dienste, um die Linien der dritten Art hervorzubringen. Man wird bei diesen Objecten, namentlich wenn man sehr intensiv beleuchtet, am Rande nicht selten zwei und je nach der Einstellung sogar drei bis vier dunklere Linien wahrnehmen können, welche durch etwas gelblich gefärbte Lichtsäume von einander getrennt erscheinen. Die eigentlichen Grenzlinien der Stärkekörner etc. sind dabei aber durch ihre Schärfe und dunklere Zeichnung ausgezeichnet. Durch Wechsel in der Beleuchtung vermittelst Herabziehens der Blendungen und dergleichen verlieren diese ersteren an Schärfe, so dass sie weit unbestimmter gezeichnet erscheinen, sie nähern sich einander mehr und mehr, oder sie verschwinden ganz oder

theilweise, was bei der wahren Randlinie des Körpers nicht eintritt. Auch andere organische Objecte mit scharfen und bestimmten Grenzlinien eignen sich sehr gut zu diesen vorbereitenden Untersuchungen, so z. B. nicht zu zarte Querschnitte stark verholzter Pflanzengewebe, des Peridermas und dergleichen, die Tüpfelcanäle der Coniferen, bei denen man diese sogenannten Beugungserscheinungen vorzugsweise an den inneren Rändern der Grenzen wahrnimmt. Da hierbei in der Regel eine Verbindung des zweiten mit dem dritten Falle eintritt, hat man sich von der wahren Natur der Lichtlinien u. s. w. sowohl durch Wechsel in der Abblendung, als auch durch Aenderung der Spiegelstellung, d. h. durch mehr oder minder schiefe Beleuchtung zu überzeugen.

Einige andere Erscheinungen haben mit den eben beschriebenen zwar grosse Aehnlichkeit, ohne aber eigentliche Interferenzerscheinungen zu sein. Ich meine damit die doppelten oder verbreiterten Linien, welche hier und da auftreten, sich aber bei veränderter Einstellung als einfache, scharfe Linien ohne Breite darstellen. Diese werden durch eine mangelhafte Einstellung veranlasst und lassen sich durch richtigen Gebrauch der feinen Einstellschraube sofort beseitigen. Auch einige Farbenerscheinungen gehören hierher, welche keineswegs Folge mangelhafter Verbesserung der Farbenabweichung der Linsen sind, sondern auf dem eben genannten, von dem Beobachter begangenen Fehler beruhen. So erscheinen z. B., wenn der Gegenstand nicht ganz scharf einsteht, die kleinen Poren in den verdickten Zellwänden, je nach ihrer Grösse oder ihrer Entfernung von dem Brennpunkte an der Innenseite gelblich, röthlich oder grünlich blau gefärbt. Aehnlich verhalten sich unter gleichen Umständen kleine kugelförmige Körperchen, indem sie mehr oder minder stark gefärbte Aussenränder zeigen. Hier kann man die störenden Nebenerscheinungen immer nur durch das allergenaueste Einstellen beseitigen, nachdem man den Gegenstand möglichst in die Mitte des Gesichtsfeldes gebracht hat. Gelingt eine Entfernung dieser Farbenerscheinungen auch durch die sorgfältigste Einstellung nicht, dann darf man dieselben, wenn man von der Farbenfreiheit seiner Gläser überzeugt ist, allerdings mit vieler Wahrscheinlichkeit dem Gegenstande selbst zuschreiben.

Von der Genauigkeit der Einstellung wird sich der geübtere Beobachter auf den ersten Blick überzeugen. Weit schwieriger aber gelingt dies dem Anfänger. Als allgemeine Regel in dieser Beziehung lässt sich wohl der Satz aufstellen, dass die richtige Einstellung allemal dann erzielt ist, wenn das Bild am kleinsten erscheint und seine Begrenzungslinien die geringste Breite besitzen. In diesem Falle ist dann auch für ebene Körper immer die grösste Schärfe und Deutlichkeit für das Ganze sowohl als für alle einzelnen Theile vorhanden.

b. Fremde Körper und Processe. — Während die im Vorhergehenden abgehandelten Erscheinungen nur dem Bilde angehören, welches

durch die Objectivsysteme des zusammengesetzten Mikroskopes entworfen wird, haben wir es hier mit einer Reihe von Vorkommnissen zu thun, welche allerdings nicht dem Gegenstande der Beobachtung eigen sind, die aber wirklichen Erscheinungen und Gegenständen entsprechen, welche mit demselben zu gleicher Zeit im Gesichtsfelde erscheinen. Dieselben haben ihren Grund entweder in den sogenannten entoptischen Gesichtserscheinungen oder in fremden Körperchen, welche sich auf den Gläsern des optischen Apparates oder auf dem Objectträger befinden. Um den hierdurch veranlassten Täuschungen zu entgehen, haben wir uns zunächst mit allen hierher gehörigen Erscheinungen, Gegenständen u. s. w., welche etwa bei mikroskopischen Untersuchungen vorkommen können, vertraut zu machen, und dann alles das genau kennen zu lernen, was über einen betreffenden Gegenstand der Untersuchung bekannt geworden ist.

Was den ersten Theil dieser Forderung betrifft, so müssen wir im Auge behalten, dass die Gegenstände mikroskopischer Wahrnehmungen entweder Formen oder Processe sind.

Die ersteren können wieder entweder wirkliche — entoptische Gesichtserscheinungen, fremde Körperchen — oder scheinbare Formen — Luft- und Gasbläschen u. s. w. — sein.

Die sogenannten entoptischen Gesichtserscheinungen, vorzüglich aber die Mouches volantes, mögen bei schwierigen Beobachtungen allerdings hinderlich werden, indem sie störend auf die Sichtbarkeit feinerer Einzelheiten und namentlich kleinerer Körperchen wirken. Eine eigentliche Täuschung wird aber kaum durch dieselben hervorgerufen werden können, da man durch Aenderung der richtigen Einstellung leicht wahrnimmt, dass sie mit dem Gegenstande der Beobachtung nichts gemein haben. Während dieser hierbei nämlich undeutlich wird, bleiben die Mouches volantes unverändert; ausserdem bewegen sich dieselben mit dem Auge, während das Bild des Gegenstandes fest stehen bleibt.

Ebensowenig äussern Staubtheilchen, Kritzel und dergleichen, welche sich auf der Oberfläche der Gläser befinden, einen irgend erheblichen Einfluss auf die Richtigkeit der Beobachtungsresultate. Wo dieselben in dem Gesichtsfelde erscheinen, was eigentlich nur bei den Gläsern der Oculare stattfindet, da sind sie so leicht kenntlich, dass man nicht irre geführt werden kann und bei einiger Uebung in mikroskopischem Sehen sie ganz und gar übersieht. Sorgfältige Reinhaltung des Instrumentes schützt übrigens vor Störungen dieser Art.

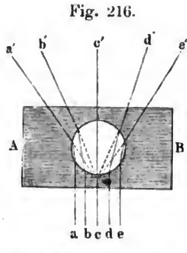
Eher schon wirken fremde, geformte Gegenstände, welche sich auf dem Objectträger befinden, auf das Resultat der Untersuchung ein. Hierher gehören namentlich kleine Theile von thierischen und pflanzlichen Geweben, als Fasern von Papier, Leinwand, Wolle, Epithelialzellen der Oberhaut oder der Mundschleimhaut, Haarfragmente von den Pinseln und dergleichen. Dann finden sich in dem zur Benetzung der Objecte gebrauchten Wasser häufig kleine Infusorien, einzellige Algen, Pilzsporen, kleine Stärkemehlfragmente, Staubtheilchen, Insectenschüppchen,

welche man nicht immer ganz entfernt halten kann, da sie meistens in der Luft umhergeführt werden.

Sind auch alle diese fremden Gegenstände für den erfahrenen Beobachter so zu sagen gar nicht vorhanden, indem sie ihm als bekannte und unwesentliche Dinge nicht mehr in der Anschauung zum Bewusstsein kommen, so muss sich doch der Anfänger durch eigene Anschauung hinreichend mit denselben vertraut machen, ehe er zu eigentlichen Untersuchungen schreitet, um sie vorkommenden Falles eliminiren zu können.

Von den scheinbaren, d. h. jenen Formen, die unter gewissen Bedingungen bei an sich formlosen Stoffen hervorgerufen werden, sind es namentlich die Luftbläschen, oder Bläschen anderer Gasarten, welche mechanisch in der Beobachtungsflüssigkeit oder in Geweben eingeschlossen sind, sonach mit den eigentlichen Beobachtungsgegenständen im innigen Vereine auftreten. Dieselben erscheinen, da die Lichtstrahlen (*abcde*, Fig. 216) bei dem Uebergange aus dem dichteren in das dünnere Mittel, mit Ausnahme der durch die Mitte gehenden, so sehr abgelenkt werden, dass sie nicht in das Objectiv gelangen können, bei mittlerer Einstellung unter dem Mikroskope als runde Körperchen mit nach Innen dunkelschwarzem, von hellen Ringen unterbrochenem, nach Aussen dunkelgrauem, von Interferenzstreifen eingefasstem Rande und kleinem, rundem, hellem Centrum (Fig. 217 b. u. c.). Ihr Aussehen ist so charakteristisch, dass sie sich sofort erkennen lassen. Ausserdem erblickt man beim Senken des Tubus in dem Brennraume, resp. dem Bilde der Blendung die Scheinbilder von in der Nähe befindlichen, in dem Beleuchtungsspiegel sich abspiegelnden Gegenständen, der Fensterkreuze und dergleichen (Fig. 217 a. bei *x*), so dass sie auch den Anfänger im Beobachten kaum zu täuschen vermögen. Leichter schon ist eine Täuschung möglich, wenn die in den Höhlungen organischer Körper eingeschlossene Luft deren Formen annimmt. Da man nämlich häufig geneigt ist, die durch das Mikroskop erhaltenen Gesichtseindrücke mit denjenigen des blossen Auges in

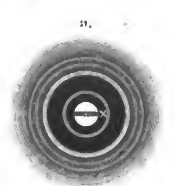
Fig. 216.



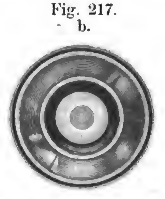
Ablenkung paralleler Lichtstrahlen durch Luftblasen.

Fig. 217.

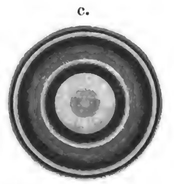
a.



b.



c.

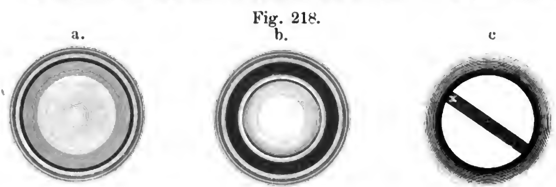


Luftbläschen unter dem Mikroskope. a. Einstellung auf den Brennraum. b. Einstellung auf den Durchschnitt. c. Gleiche Einstellung bei Abhaltung des Seitenlichtes. 1 : 145.

Uebereinstimmung zu bringen, so kann es vorkommen, dass man die in den Intercellularräumen und anderen Höhlungen enthaltene, schwarz erscheinende Luft für eine undurchsichtige Materie hält. Wer nicht Uebung genug besitzt, um schon durch den blossen Anblick Luft von einer festen Substanz unterscheiden zu können, der wird durch Tränken solcher lufthaltigen Gewebe mit Alkalien, Weingeist und dergleichen, welche Mittel die Luft bald aufnehmen, sich die nöthigen Anhaltspunkte zu verschaffen suchen müssen.

In ähnlicher Weise wie Luftblasen stellen sich in Wasser vertheilte

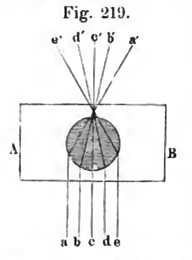
Fig. 218.



Oeltropfen unter dem Mikroskop. a. Einstellung auf den Rand. b. Etwas höhere Einstellung. c. Einstellung auf den Brennraum.

Oel- und Fetttröpfchen (Fig. 218) oder überhaupt Tröpfchen solcher dichteren Flüssigkeiten, die sich mit jenem nicht mischen, unter dem Mikroskope dar; nur ist der schwarze Rand bei denselben weit schmäler, wie bei jenen, weil der Unterschied zwischen dem Brechungsvermögen von Wasser und Oel u. s. w. geringer ist, als zwischen Wasser und Luft. Die Bilder von äusseren Gegenständen, welche die Oeltröpfchen erzeugen, unterscheiden sich ebenfalls von denen der Luftbläschen, indem die ersteren wie eine doppelt convexe Linse (Fig. 219) wirken und daher ein wahres Bild (Fig. 218 c. bei x) erzeugen, welches zwischen dem Tröpfchen und dem Objective gelegen ist und beim Heben des Tubus sichtbar wird.

Fig. 219.

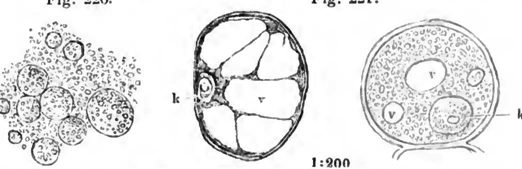


Ablenkung paralleler Lichtstrahlen durch Oeltröpfchen.

Noch leichter als die vorhergehenden können solche Formen zu Täuschungen Veranlassung geben, welche durch das Zusammentreffen flüssiger Substanzen von verschiedener Dichtigkeit hervorgerufen werden, indem entweder die weniger dichte von einer anderen, dichteren Flüssigkeit eingehüllt wird, oder erstere in letztere eindringt. So z. B. sondern sich nicht selten einzelne Partieen des aus verletzten Zellen hervorquellenden Inhaltes im Wasser des Objectträgers in rundliche Massen (Fig. 220), welche anscheinend von einer Membran eingeschlossen werden. Es entstehen ferner in der dichteren Flüssigkeit kuglige, von der weniger dichten Substanz erfüllte Räume, sogenannte Vacuolen (Fig. 221), welche man als von einer Membran umgrenzt betrachten könnte.

Diese Vorgänge sind hie und da als Zellenbildungsprozesse und deren Producte als Zellen angesehen und dargestellt worden, wofür sich selbst bei

Fig. 220. Fig. 221.



In das Wasser des Objectträgers übergetretener, theilweise zellenartig geballter Zellinhalt. 1 : 200.

Vacuolen in dem Protoplasma von Pflanzenzellen. 1 : 200.

bekannten Autoren Beispiele auffinden lassen. Man sehe sich daher wohl vor, um nicht Formen als wesentlich aufzufassen, welche durch äussere, oft hinzugebrachte Einflüsse hervorgerufen sind und mit dem eigentlichen Gegenstande der Beobachtung ganz und gar nicht in organischem Zusammenhange stehen. Die ersteren kann man meistens durch passende Auswahl der Zusatzflüssigkeit umgehen. Ueber die Natur der anderen entscheidet oft die Anwendung der später zu besprechenden Hilfsmittel.

Andere, namentlich sehr dickflüssige Substanzen erscheinen, wenn sie in Flüssigkeiten gebracht werden, mit denen sie sich nicht mischen, ebenfalls in mancherlei Formen, die bald fadenförmig, bald membranartig sind, bald sich mehr der Tropfen- oder Bläschenform nähern. Man muss sich indessen wohl hüten, diese für etwas Selbständiges zu halten und, um Irrthum zu vermeiden, mit der Wirkungsweise der Flüssigkeiten aufeinander wohl vertraut zu machen suchen.

Unter den Processen, welche dem Mikroskopiker Veranlassung zur Täuschung werden können, sind vorzugsweise einige Bewegungserscheinungen hervorzuheben.

Zu denjenigen Bewegungserscheinungen, welche unter dem Mikroskope am häufigsten auftreten, gehört die von Robert Brown entdeckte Molekularbewegung. Es tritt dieselbe sowohl bei organischen als unorganischen Stoffen auf, wenn dieselben in Form von hinreichend kleinen Körnchen in einer Flüssigkeit suspendirt sind. Auf die Form der Körper kommt es dabei gar nicht an. Dieselben mögen rund oder eckig, nach allen drei Dimensionen gleichmässig ausgedehnt, plattenartig oder nadelförmig sein, die Bewegung tritt ein, sobald sie eben nur klein genug sind. Die letztere selbst ist schwer zu beschreiben. Dieselbe hat etwas Zitterndes und Wimmelndes, indem die kleinen Körperchen bald oscilliren, bald anscheinend um ihre Achse rotiren und dabei bald vor-, bald rückwärts gehen. Sie tritt in dem Grade entschiedener auf, als die Körperchen kleiner werden und weniger in ihrem specifischen Gewichte von der umgebenden Flüssigkeit verschieden sind. Bei organischen Körperchen ist sie daher in der Regel am stärksten und hält verhältnissmässig am längsten an, während sie bei unorganischen um so

unbedeutender erscheint und um so früher aufhört, je höher ihr specifisches Gewicht ist. Niederschläge von Metallen zeigen diese Bewegung daher häufig gar nicht, und wenn sie sich auch sehr fein vertheilt in Flüssigkeiten finden.

Man muss sich mit dieser Bewegung durch öftere Beobachtung an verschiedenen Körpern möglichst vertraut machen, um sie genau von anderen, ähnlichen Bewegungen unterscheiden zu lernen. Ein sehr günstiges Object zu ihrer Beobachtung bei organischen Substanzen bildet der Inhalt der Pollenkörner, welcher aus der gesprengten Hülle ausgetreten ist. Hieran wurde dieselbe denn auch schon früh entdeckt und irrthümlich für etwas Eigenthümliches, Lebendes angesehen, wie etwa die Bewegung der Spermatozoiden. Von anderen Körpern zeigen die Molekularbewegung sehr schön mit Wasser abgeriebener Carmin oder Indigo.

Ueber den Grund der Erscheinung scheint man noch nicht recht einig zu sein und können wir über die verschiedenen Ansichten in dieser Beziehung um so eher hinweggehen, als wir es nur mit der Erscheinung selbst, nicht aber mit Erklärung derselben zu thun haben.

Durch das Vermischen zweier ungleichartiger Flüssigkeiten entstehen in der Regel Bewegungserscheinungen, welche sich um so mehr steigern, je grösser die Anziehung zwischen beiden und je flüchtiger die eine derselben ist. Häufig zu beobachten sind dieselben z. B. beim Zusatz von Alkohol oder alkoholischer Jodlösung zu Wasser, und sie dauern dann so lange, als beide Flüssigkeiten sich noch nicht vermischt haben. Die Bewegung ist leicht zu erkennen, indem dieselbe keineswegs regelmässig erscheint, sondern mehr in einzelnen unregelmässigen Stössen erfolgt. Kleine in der Flüssigkeit suspendirte Körperchen werden dadurch, indem sie die Strömungen fortreissen, in eine hin- und hergehende oder tanzende Bewegung versetzt. Am auffallendsten sind diese Bewegungen, welche zuerst von J. H. Weber und dann von Harting näher beschrieben wurden (Poggendorff's Annalen Bd. 114, S. 447 und Bd. 117, S. 51), bei solchen sehr kleinen Körperchen, welche sich in der Nähe von, in einem nach bestimmten Verhältnissen bewirkten Gemenge von Alkohol und Wasser eingeschlossenen Luftbläschen befinden.

Verdunstende Flüssigkeiten rufen ebenfalls häufig Bewegungen hervor, die vorzugsweise bemerklich werden, wenn man die mikroskopischen Objecte unter Deckgläschen beobachtet. Es finden dann in der Regel zwei einander entgegengesetzte Strömungen statt, die nach beiden Richtungen kleine Körperchen mit sich fortreissen oder in eine drehende Bewegung versetzen. Aehnliche Ströme und Bewegungen treten in Folge des Entweichens von in Flüssigkeiten eingeschlossenen Luftbläschen auf und es ist mir nicht selten vorgekommen, dass kleine organische Elemente mehr oder weniger schnell das ganze Gesichtsfeld durchliefen und dann verschwanden. Täuschungen werden diese Bewegungen indessen höchstens bei dem Anfänger zu veranlassen im Stande sein, während der geübte Beobachter kaum von denselben beirrt wird.

Während die genannten Bewegungserscheinungen dem Beobachtungsgegenstande mehr fremd sind, treten aber auch solche auf, welche ihren Grund in einer diesem eigenen Bewegung haben und leicht zu Sinnentrug Anlass geben können.

Zunächst gehören dahin alle jene Täuschungen, welche sich auf die Grösse der Bewegung oder die Geschwindigkeit eines sich in dem Gesichtsfelde bewegenden Körpers beziehen. Diese wird in der Regel weit überschätzt, indem man ausser Acht lässt, dass sie sich in dem Maasse vergrössert, als die Vergrösserung des Mikroskopes zunimmt. Bewegungen, die unter einer Vergrösserung von 300- bis 400mal schon als in rasender Eile ausgeführte erscheinen, reduciren sich in der Wirklichkeit auf ein höchst geringes Maass, welches man nur dann richtig zu bestimmen im Stande ist, wenn man den wirklich durchmessenen, mikrometrisch zu ermittelnden Weg mit der hierzu verwendeten Zeit in Beziehung setzt.

Eine andere Art der Täuschung betrifft die Form der Bewegung, indem man diese für sich und in Beziehung auf die Focalebene ohne Berücksichtigung der Form des sich bewegenden Objectes betrachtet. So z. B. wird die Bewegung von Spermatozoiden und dergleichen oft als eine schlängelnde beschrieben, während dieselbe in Wirklichkeit in einer mit einer Drehung um die Längsachse verbundenen Vorwärtsbewegung besteht. Hier wird die Täuschung durch das in verschiedenen, wenn auch noch so kleinen Zeitabschnitten stattfindende deutliche Hervortreten der einzelnen Theile der Spiralwindungen des schraubenförmig gebauten Objectes veranlasst.

2. Herrichtung der mikroskopischen Beobachtungsgegenstände.

Für die Lösung des zweiten Theiles der Hauptaufgabe, d. h. für die Gewinnung einer möglichst vielseitigen und klaren Auffassung des zu beobachtenden Gegenstandes ist die passende Vorbereitung und Herrichtung desselben eines der Hauptmittel.

Bei der Beobachtung mittelst auffallenden Lichtes, welche so ziemlich mit der gewöhnlichen Art und Weise des Sehens übereinstimmt, ist dieselbe einfach und beschränkt sich in der Regel auf die Beseitigung von fremden, dem Gegenstande selbst nicht angehörenden Dingen, sowie auf die Art und Weise, denselben in einer zweckdienlichen Lage in das Gesichtsfeld und damit dem beobachtenden Auge nach und nach verschiedene Seiten desselben zur Anschauung zu bringen.

Anders dagegen gestaltet sich die Sache bei der in den meisten Fällen von wissenschaftlich-mikroskopischen Untersuchungen angewendeten, eigenthümlichen Beobachtungsweise mittelst durchfallenden Lichtes. Hier sind die allerwenigsten Gegenstände unmittelbar zur Untersuchung geeignet und bedürfen einer besonderen Zubereitung, um ihnen den nöthigen Grad von Durchsichtigkeit zu verschaffen.

Bei einzelnen Gegenständen ist diese zwar vorhanden, aber sie wird durch eingeschlossene Luft gestört. In diesem Falle kann man letztere leicht schon durch das Einlegen des Objectes in Alkohol oder, wo dies nicht genügt, mittelst der kleinen, im sechsten Abschnitte beschriebenen Luftpumpe entfernen.

Andere Gegenstände, wie Pollenkörner, Sporen und dergleichen erlangen, wenn es sich nicht gerade um die Untersuchung der feinsten Structurverhältnisse handelt, den erforderlichen Grad von Durchsichtigkeit schon durch Befeuchten mittelst Wassers, Alkohols, Alkalien, fetter oder flüchtiger Oele.

In der Regel aber wird man sich veranlasst sehen, die zu untersuchenden organischen Gegenstände, welchen eine völlige Undurchdringlichkeit für die Lichtstrahlen keineswegs an und für sich eigen ist, in so dünne Schichten zu zerlegen, dass die vermöge der Form und physikalischen Beschaffenheit ihrer kleinsten Theilchen stattfindenden Brechungen und Zurückwerfungen der aus der Luft oder der Beobachtungsflüssigkeit in sie eintretenden Lichtstrahlen zweckdienlich beschränkt und denselben ein möglichst freier Durchgang gestattet wird.

Anfertigung von Schnitten und Schliffen, Isolirung der Elementarorgane.

Hie und da, namentlich bei zarten Gegenständen, mag zu dem erwähnten Zwecke eine mehr oder minder starke Quetschung genügen. Im Ganzen ist dies ohnehin sehr beschränkte Verfahren aber zu roh, als dass man sich dessen mit Vortheil bedienen könnte. Die Hauptaufgabe wird in dieser Beziehung daher immer die Anfertigung sehr zarter Durchschnitte bleiben.

Der zu diesem Behufe erfundenen mechanischen Instrumente und ihrer Anwendbarkeit wurde schon in einem früheren Abschnitte gedacht. Für unsere Zwecke haben feine Schnitte aus freier Hand den meisten Werth und muss man sich, wenn man das Mikroskop zu wissenschaftlichen Untersuchungen verwenden will, zunächst in der Anfertigung derselben eine hinreichende Fertigkeit erwerben.

Dem Rasirmesser ist hierfür wegen der Sicherheit in der Führung und der Freiheit in der Bewegung im Allgemeinen vor allen dazu benutzten und empfohlenen schneidenden Instrumenten der Vorzug zu geben. Für manche Fälle wird man indessen auch von guten Skalpellen, sowie von der anatomischen und Cooper'schen Scheere mit Vortheil Gebrauch machen können.

Die Art und Weise des Gebrauches der schneidenden Instrumente zur Anfertigung der Schnitte wird einestheils durch die besondere Beschaffenheit der gerade herzurichtenden organischen Körper, anderentheils durch deren Grössenverhältnisse bedingt. Muss daher auch ein näheres Eingehen darauf den speciellen Untersuchungsmethoden in den folgenden Theilen vorbehalten bleiben, so dürfen wir uns doch hier einiger allgemeiner Anweisungen nicht enthalten.

Feine Durchschnitte von widerstandsfähigen Geweben. — Am einfachsten und leichtesten ausführbar sind Schnitte durch solche Gewebe und Gewebetheile, welche bei hinreichender Grösse, um in freier Hand gehalten zu werden, dem Messer solchen Widerstand bieten, dass man es mit Sicherheit und Stetigkeit führen kann. Dahin gehören namentlich Hölzer, härtere Pflanzentheile, horn- und knorpelartige Thiersubstanzen, Knorpel, endlich durch künstliche Mittel erhärtete Pflanzen- und Thiergewebe und dergleichen. Hat man hier erst die Schnittfläche gehörig geebnet und nach Bedürfniss mit etwas Wasser oder Alkohol befeuchtet, so fasst man den Gegenstand fest zwischen Daumen und Zeigefinger der linken Hand und schneidet dann, indem man die flach aufgelegte, vorher benetzte Klinge des Messers mit fester Hand stetig nach sich hinzieht. Wenn es sonst angeht, so wähle man den Gegenstand so aus, dass das Messer auf dessen geebneter Oberfläche eine möglichst grosse Leitfläche besitzt. Auf bedeutende Grösse des Schnittes kommt es in den meisten Fällen weit weniger an, als auf dessen Feinheit bei unverletzter Erhaltung der zusammensetzenden Elementarorgane. Man begnüge sich daher nicht mit dem ersten besten Schnitte, sondern schneide ruhig so lange fort, bis der erforderliche Grad von Feinheit erreicht ist, worüber hie und da schon das blosse Auge, und wenn nicht, eine vorläufige Betrachtung mittelst der Lupe oder auch des Mikroskopes Auskunft geben wird. Um diese vorläufige Untersuchung nicht zu oft wiederholen zu müssen, wird man gut thun, eine Anzahl von Schnitten, denen man die möglichste Vollkommenheit zu geben suchen muss, vorläufig in eine mit reinem Wasser gefüllte Schale zu bringen und dann unter dem Mikroskope die gelungensten zur eigentlichen Untersuchung auszuwählen. Um die zarten Schnitte von der Messerklinge abzuheben, bedient man sich eines feingespitzten, etwas befeuchteten Haarpinsels.

Frische Hölzer, junge Zweige und saftreiche Triebe holzartiger Pflanzen und dergleichen lässt man zweckmässig einige Stunden bis einen oder mehrere Tage abtrocknen, weil es dann weit leichter ist ganz untadelhafte Schnitte zu erhalten. Man thut indessen gut, sich von Zeit zu Zeit Kenntniss darüber zu verschaffen, ob der geeignete Zeitpunkt gekommen ist, wofür ein paar Probeschnitte ausreichen.

Harte Hölzer und andere harte Pflanzentheile, welche sich trocken nicht wohl schneiden lassen, weicht man einen oder einige Tage in Wasser oder auch erst in verdünnte kaustische oder kohlensaure Alkalien und hierauf in Wasser ein, wonach dieselben weit leichter zu behandeln sind. Nicht zu harte und weiche trockene Hölzer gewähren oft weit schönere und reinere Schnitte, wenn man sie trocken schneidet, als wenn man sie vorher einweicht. Hier wird man sich eben erst durch eigene Versuche über die Behandlungsweise ein Urtheil fällen müssen. Harzreiche Hölzer bringt man einige Tage in Alkohol oder digerirt sie kürzere oder längere Zeit in starkem Weingeist, in welchem Falle man vor dem Schneiden ihre Schnittfläche mit demselben Mittel befeuchtet.

Zur Erlangung zarter Durchschnitte von sehr grosszelligen, stark vertrockneten Holzarten, ebenso von anderen trockenen Pflanzentheilen (Rinden und dergleichen), deren Gewebe beim Schneiden leicht zerbröckeln oder zerreissen würden, benutze ich seit längerer Zeit die von Professor Schacht empfohlene Injection mittelst geschmolzenen Stearins oder noch lieber mittelst einer, mit einer geringen Menge Glycerins versetzten Gelatinelösung, und hat sich mir dieses Verfahren ganz trefflich bewährt. Oft führt hier auch eine, kürzere oder längere Zeit dauernde Maceration in Alkalien die Schneidbarkeit herbei, indem sie die Gewebe erweicht und zusammenhangsfähiger macht.

Behandlung weicher Gewebe, Trocknungs- und Erhärtungsmethoden. — Weit schwieriger, als von den vorigen, sind Schnitte von sehr weichen und saftreichen Pflanzen- und Thiergeweben zu erlangen, welche dem Messer zu geringen Widerstand bieten, so dass dasselbe weniger schneidet, als zerreisst und quetscht. Bei den ersteren genügen indessen für die meisten Fälle und namentlich wenn sie ziemlich grosszellig sind, weniger zarte Schnitte, welche man mittelst eines haarscharfen Rasirmessers mit dünner, hohlgeschliffener Klinge ziemlich leicht herstellen kann, wobei man die letztere zweckmässig vor dem Schneiden etwas stark benetzt. Sollen zartere Schnitte dargestellt werden, so ist es vortheilhaft, wenn man den Pflanzenabschnitt einige Zeit in Weingeist oder absoluten Alkohol legt, wodurch das Gewebe etwas erhärtet. Besonders gute Dienste hat mir der Zusatz von einigen Tropfen Nelkenöl zu dem letzteren Mittel bei protoplasmareichen Geweben geleistet. Die Schnittfläche feuchtet man dann ebenfalls mit Weingeist an. Noch besser führt in manchen Fällen die schon von Schleiden empfohlene Behandlungsweise zum Ziel, welche sich auch auf manche weiche thierische Gewebe mit Vortheil anwenden lässt. Man tränkt nämlich den Gegenstand mit einer dicken Lösung von möglichst reinem und farblosem arabischem Gummi, welcher man, damit sie beim Erhärten nicht zu spröde wird, etwas Zuckersyrup (Syrupus simplex der Apotheken) oder einige Tropfen Glycerin zusetzt, und lässt diese an der Luft langsam eintrocknen. Die von den derart behandelten Gegenständen gewonnenen zarten Schnitte bringt man dann in ein Schälchen mit Wasser, welches das Gummi löst, während die Zellhäute durch Wasseraufnahme wieder ihre Spannung annehmen, so dass das Gewebe wie im frischen Zustande erscheint. Das Doppelmesser leistet nach meinen Erfahrungen für derartige Pflanzengewebe keine Dienste und kann wenigstens niemals die geschickte Führung des Rasirmessers ersetzen. Dagegen gewährt dasselbe einigen Vortheil bei nicht zu weichen thierischen Geweben, bei denen es darauf ankommt, ganz feine Schnitte in frischem, unverändertem Zustande zu erhalten. Ehe man damit schneidet, muss dafür Sorge getragen werden, dass die beiden Klingen gehörig benetzt sind. Dies wird dadurch erreicht, dass man das Instrument entweder unter Wasser schliesst, oder dass man dasselbe, nachdem

die Klingen in die erforderliche Stellung gebracht worden sind, ins Wasser taucht, welches sich dann vermöge der Adhäsion zwischen die Klingen zieht. Den Schnitt führt man derart, dass man ihn mit dem dem Hefte zunächst gelegenen Theile beginnt und ohne zu sägen unter sanftem Zuge nach dem Körper gegen die Spitze hin führt. Hierauf öffnet man die Klingen etwas, um das zwischen ihnen befindliche Präparat mittelst eines in Wasser getauchten Pinsels heraus zu spülen. Aber auch nach dieser Seite hin bleibt die Anwendung des Doppelmessers und ähnlicher, für gleiche Zwecke erfundener Instrumente immerhin eine ziemlich beschränkte, da bei ihrem Gebrauche das zu behandelnde Gewebe eine gewisse Dicke haben muss. Wo mehr oberflächliche Schnitte zu führen sind, da wird man sich doch meistens wieder zu dem Rasirmesser oder zu einem guten Skalpelle wenden, oder falls die allzugrosse Weichheit der Gewebe deren Anwendung hinderlich ist, zu dem Seite 257 beschriebenen lanzettartigen Messerchen seine Zuflucht nehmen müssen. Beim Gebrauch dieses letzteren wird die mit Wasser befeuchtete Spitze flach unter der Oberfläche eingestochen und parallel mit dieser fortgeschoben. Der auf solche Weise losgetrennte feine Abschnitt kann dann mittelst einer feinen Scheere vollständig abgelöst werden.

Sind nicht gerade Schnitte von frischen thierischen Geweben erforderlich, oder hat man von dem zu untersuchenden Objecte nicht zu bedeutende Veränderungen in den Structurverhältnissen zu befürchten, so erleichtert man sich die Anfertigung feiner Schnitte wesentlich durch vorgängige Erhärtung. Diese bewirkt man je nach Umständen entweder mittelst Trocknens oder mittelst Durchtränkens von solchen Flüssigkeiten, welche in ähnlicher Weise wie jenes wirken.

Zum Trocknen verwendet man möglichst fettfreie, kleine Stückchen des betreffenden Gewebes, die indessen immerhin eine solche Ausdehnung besitzen müssen, dass sie auch nach dem Einschrumpfen dem Messer eine noch hinreichend grosse Schnittfläche bieten. Man setzt dieselben, vor Staub geschützt, etwa in dem Harting'schen Apparate (Seite 267), solange einer Temperatur von etwa 40 bis 50° Celsius aus, bis sie eine hornartige Beschaffenheit und damit den erforderlichen Grad von Widerstandsfähigkeit gegen das Messer erlangt haben. Zur Beförderung des Trocknens kann man die hierzu bestimmten Gewebetheile oftmals mit Vortheil vorher in Wasser, Essig oder verdünnter Natronlauge kochen, in heisse, verdünnte Salpetersäure tauchen, oder zwei bis drei Tage in Holzessig weichen. Von so behandelten thierischen Geweben lassen sich, nachdem man die Schnittfläche etwas mit Wasser befeuchtet hat, leicht sehr feine Schnitte gewinnen, die unter Wasser ein Aussehen annehmen, wie die von frischen Geweben gewonnenen. Diese Methode lässt sich indessen nicht immer mit Vortheil anwenden. Manche Gewebe schrumpfen nämlich durch das Trocknen so ein, dass ihre Elementarorgane in Wasser gebracht ihre früheren Formen und relativen Grössenverhältnisse nicht wieder erlangen; bei anderen nehmen dieselben durch das Aufweichen ein

grösseres Volumen an oder kleben durch das Trocknen mehr oder minder fest zusammen.

Unter solchen Umständen ist das Erhärten, welches durch längere oder kürzere Zeit dauernde Behandlung mit bestimmten Flüssigkeiten vollzogen wird, dem Trocknen vorzuziehen. Hierbei ist aber zu beachten, dass diese Flüssigkeiten in den Geweben mechanische und chemische Veränderungen sowie verschiedene Färbungen hervorbringen, welche man von den Beobachtungsresultaten sorgfältig zu eliminiren trachten und mit denen man sich daher im Voraus durch eigene Anschauung bekannt machen muss.

Welche von den verschiedenen in Vorschlag gebrachten erhärtenden Flüssigkeiten und in welcher Concentration man sie in einem gegebenen Falle zu wählen hat, darüber müssen einestheils die chemische und histiologische Zusammensetzung des betreffenden Gewebes, anderentheils die im sechsten Abschnitte besprochene Wirkungsweise der anzuwendenden Lösungen entscheiden, und haben darüber die speciellen Untersuchungsmethoden zu handeln.

Im Allgemeinen finden die im Folgenden genannten, zum Theil schon in dem vorigen Abschnitte näher charakterisirten chemischen Agentien die meiste Anwendung.

Verdünnter, etwa 10- bis 15procentiger Weingeist bringt unter allen erhärtenden Flüssigkeiten in den meisten Geweben die geringsten Veränderungen hervor. Derselbe eignet sich namentlich für faserige Gewebe, welche darin so fest werden, dass man mittelst eines scharfen Messers leicht zarte Schnitte davon entnehmen kann. Stärkerer Weingeist, in welchem die Gewebe immer mehr oder weniger erheblich schrumpfen, verlangt eine sorgsame Verwendung. Am leichtesten gelangt man damit zu befriedigenden Resultaten, wenn man das zu erhärtende Gewebe zuerst in verdünnten, dann nach und nach in stärkeren Weingeist und endlich in absoluten Alkohol legt. Werden auch durch diese Behandlungsweise die betreffenden Objecte immer etwas in ihrer feineren Structur getrübt, so erhalten sich doch ihre Elementartheile gehörig gesondert, so dass man sie recht gut in ihrer natürlichen Abgrenzung erkennen kann, und ausserdem hat man in dem Glycerin ein vortreffliches Aufhellungsmittel solcher getrübten Präparate.

Für einzelne Gewebetheile eignen sich als Erhärtungsmittel vorzugsweise die Seite 282 beschriebenen Alkoholgemische, indem dieselben die erhärtende mit der aufhellenden Eigenschaft vereinigen.

Stark verdünnte Chromsäure wird häufig zum Erhärten verwendet und lässt sich auch für manche Gewebearten, namentlich für alle Theile des centralen und peripherischen Nervensystems, weit besser als der Alkohol gebrauchen. Sie hat aber die Unannehmlichkeit, dass sie den mit ihr behandelten Geweben eine gelbgrüne Färbung ertheilt, wodurch dieselben häufig etwas zu undurchsichtig werden, wogegen jedoch die Vermeidung zu starker Concentrationsgrade hinreichenden Schutz gewährt.

Die Verwendung der Chromsäure bedarf überhaupt grosser Vorsicht, wenn man sein Ziel erreichen will, und man sollte es sich zur Regel machen, möglichst mit den stärkeren Verdünnungsgraden zu operiren. Je frischer der zu erhärtende Gewebetheil ist, desto verdünntere Lösungen sind anzuwenden. Am vortheilhaftesten bewährt es sich, wenn man die Erhärtung gradweise vornimmt. Zu dem Ende legt man nicht zu umfangreiche Stückchen in eine Lösung von 1 Theil Säure auf 500 Theile Wasser und geht dann nach einigen Tagen zu einer Lösung von 1 Theil Säure auf 200 bis 100 Theile Wasser über, in welcher das Gewebe solange verbleibt, bis es den gewünschten Härtegrad erreicht hat, wozu je nach Umständen einige Tage, hier und da wohl auch einige Wochen erforderlich sind. Statt der Chromsäure verwendet man auch das doppelt-chromsaure Kali in der im vorigen Abschnitte (Seite 279) erwähnten Stärke. Bei sehr delicaten Structurverhältnissen gebraucht man das Salz in Verbindung mit der Säure, indem man zuerst eine 3- bis 5procentige oder schwächere Lösung des ersteren und dann eine $^1/_{10}$- bis $^1/_4$procentige der letzteren verwendet. Vor der Säure hat das Salz namentlich auch den Vorzug, dass es keine Schimmelbildung aufkommen lässt.

Salpetersäure kann in einzelnen Fällen Anwendung finden. Man muss aber die so erhärteten Präparate sorgfältig mit Wasser aussüssen, um zu verhüten, dass die Messerklingen angegriffen werden.

Sublimatlösung (1 oder 2 Theile Sublimat auf 100 Theile Wasser) findet nur bei der Untersuchung der Capillargefässe mit noch in ihnen enthaltenen Blutkörperchen Anwendung, da selbst bei einer so starken, wie oben angegebenen, Verdünnung die Gewebe einestheils zu stark schrumpfen, anderntheils sehr undurchsichtig werden.

Das kohlensaure Kali (1 Theil auf 4 bis 8 Theile Wasser) eignet sich zur Erhärtung einzelner und vorzugsweise solcher Gewebe sehr gut, welche nicht reich an Proteïnverbindungen sind.

Der von mehreren Seiten empfohlene Holzessig scheint mir nur einer beschränkteren Verwendung fähig zu sein, da derselbe zu starke Veränderungen in den Geweben hervorbringt. Jedenfalls kann er nur unter Beobachtung der grössten Vorsicht angewendet werden. Dagegen wird das von Professor Rindfleisch empfohlene Nelkenöl für die Erhärtung des Körperparenchyms niederer Thiere mit Vortheil benutzt werden können. Wenige Tropfen als Zusatz zu Alkohol befördern dessen erhärtende Eigenschaften, ohne den betreffenden Geweben wesentlich zu schaden.

Durchschnitte ungleich harter, flacher und sehr kleiner Gegenstände. — Weit mehr Schwierigkeiten, als die Weichheit überhaupt, bietet der Herstellung eines guten Präparates eine sehr ungleiche Härte einzelner Gewebetheile da, wo der Schnitt zugleich durch ganz weiche und harte Stellen geführt werden muss, wie dies z. B. bei Untersuchungen über die Entstehung der Elemente des Holzes und Bastes aus dem Cambium

der Fall ist. Um hier bei dem Schneiden ein Zerreissen an den Uebergangsstellen aus den weichen in die härteren Partieen möglichst zu vermeiden, verfährt man am besten so, dass man entweder aus den härteren in die weicheren Gewebetheile hinüberschneidet, oder dass man, indem die Klinge in schiefer Richtung gegen den Verlauf der verschiedenen Gewebepartieen gehalten wird, den Schnitt zugleich durch sämmtliche Gewebetheile führt. Die allerschärfsten Messer und die behutsamste und sicherste Führung derselben sind hierbei unerlässliche Bedingungen zum Gelingen. Ausserdem muss man sich mit einem gehörigen Maasse von Geduld waffnen, um nicht durch manche misslungene Versuche abgeschreckt zu werden. Wo die Veränderungen in dem stickstoffhaltigen Zellinhalte nicht entgegenstehen, unterstüzt man das Gelingen der Schnitte wesentlich dadurch, dass man den betreffenden Pflanzentheil während eines oder einiger Tage in Alkohol legt, wodurch die weicheren Gewebetheile eine grössere Widerstandsfähigkeit erlangen und die Ungleichheit in gewissem Maasse aufgehoben wird.

Grössere, aber sehr dünne oder platte Gegenstände, welche sich unter dem Drucke des Messers umbiegen würden, wie zarte Pflanzenblätter, thierische Häute, Moosstengel und dergleichen schneidet man am zweckmässigsten zwischen reinen, ausgesuchten Korkplättchen, oder noch besser zwischen Plättchen von Hollundermark, welches sich namentlich für zartere, keinen starken Druck vertragende Gegenstände eignet. Man kommt auf diese Weise viel sicherer und leichter zum Ziele als durch senkrecht geführte, sogenannte Wiegenschnitte gegen den horizontal auf eine härtere Unterlage gelegten Gegenstand. Durch das Doppelmesser kann unter diesen Umständen bei den meisten, namentlich vegetabilischen Gegenständen das Schneiden aus freier Hand kaum ersetzt werden.

Man verfährt bei dieser Präparationsweise folgendermaassen. Zwischen zwei ebene Kork- oder Hollundermarkplättchen bringt man den Gegenstand in die geeignete Lage und klemmt dann das Ganze zwischen die Backen eines kleinen (zuerst von Schacht empfohlenen) Handschraubenstocks, indem man jene etwa 1 bis 2 Millimeter über diese hervorragen lässt. Zunächst bildet man eine glatte, ebene Schnittfläche und nimmt hierauf mittelst eines scharfen Messers zarte Schnitte quer durch die Plättchen, womit man zugleich äusserst feine Durchschnitte des zu untersuchenden Objectes erhält, die sich in Wasser gebracht leicht mittelst der Nadel von den anhängenden Kork- oder Hollundermarkabschnitten trennen lassen. Sind die kleinen Gegenstände rund, wie Moosstengel, kleine Samen und dergleichen, so schneidet man passende Rinnen in die Plättchen, um sie aufzunehmen. Gegenstände von sehr kleinem Durchmesser, wie Moosblätter, Haare, vereinigt man zweckmässig, ehe man sie zwischen das Hollundermark bringt, durch Gummilösung, weil sie dann eine grössere Schnittfläche von gleicher Beschaffenheit darbieten, was nicht wenig zum besseren Gelingen der Durchschnitte beiträgt. Für Körperchen von grösserer, doch nicht zu bedeutender Härte, wie kleine

Samen etc., bei denen der Unterschied gegen Kork oder Hollundermark so gross sein würde, dass er ein Hinderniss für die Gewinnung recht zarter Durchschnitte abgäbe, habe ich mit Vortheil dünne, mit kleinen Rinnen versehene Plättchen von weichen Laubholzarten, Pappel- oder Lindenholz, benutzt, mit denen ich den Gegenstand mittelst Gummilösung fest vereinigte.

Sehr weiche und zart organisirte kleine Gegenstände, welche selbst den Druck zwischen Hollundermark nicht vertragen würden, legt man in der richtigen Lage zwischen Daumen und Zeigefinger, welche man etwas befeuchtet hat, damit jene leichter anhaften. Schneidet man dann mittelst eines hohl geschliffenen Rasirmessers zwischen beiden durch, so erhält man den kleinen Körper halbirende Durchschnitte und kann hierauf, indem mit den beiden Hälften das gleiche Verfahren wiederholt wird, hinreichend dünne Plättchen von denselben erhalten.

Alle diese Verfahrungsarten bedürfen natürlich je nach der Art und Beschaffenheit des Objectes mannigfacher Abänderungen, deren wir bei den speciellen Untersuchungsmethoden zu gedenken haben werden.

Durchschnitte von ganz kleinen, mit dem blossen Auge kaum sichtbaren Körperchen, wie von Stärkemehl, Pollenkörnern, Sporen u. s. w., erhält man am leichtesten, wenn man dieselben mit einer dicken, aus 1 Drachme Gummi arabicum, 1 Drachme Wasser und 20 Tropfen Glycerin bestehender Gummilösung mischt und eintrocknen lässt. Recht gut hat sich mir für diese Präparation das von Schacht empfohlene Verfahren erprobt. Eine dicke, 1 bis 2 Zoll lange, durch einen sauberen Querschnitt an dem einen Ende völlig geebnete Stange von trockenem Hollundermark überzieht man mit einer Schicht der beschriebenen Lösung und lässt diese bei aufrechter Stellung der Stange eintrocknen. Hierauf trägt man eine zweite Gummischicht auf und streut in diese die betreffenden Gegenstände ein. Ist auch diese Schicht getrocknet, so trägt man eine dritte auf, so dass die kleinen Körperchen vollständig von Gummi umschlossen werden. Nachdem der passende Grad von Trockenheit erreicht ist, wobei das Gummi weder zu weich noch zu hart und spröde sein darf, macht man mit einem äusserst scharfen Rasirmesser höchst feine Durchschnitte. Ist man mit diesen erst einmal bis zu der mittleren Partie gelangt, dann erhält man in den zarten Schnitten der Gummimasse auch immer höchst feine Durchschnitte von den zu untersuchenden Objecten. Diese werden dadurch von dem anhängenden Gummi befreit, dass man sie auf einer Objecttafel in einen Tropfen Wasser bringt. Da man hierbei natürlicherweise die Richtung des Schnittes durch die kleinen Objecte nicht in seiner Gewalt hat, so werden zur Beobachtung immer nur einzelne Schnitte tauglich sein, die man erforderlichen Falles unter dem zusammengesetzten oder einfachen Mikroskope von den anderen trennen muss. Nach einer anderen Methode kann man die kleinen Körperchen auch mit der Gummimasse zusammenkneten und dann mittelst einer innen geölten Papierhülse, in welche die Mischung eingefüllt

wird, kleine Stäbchen herstellen, von denen sich äusserst zarte Schnittchen nehmen lassen.

Schliffpräparate. — Eine ganze Reihe von Körpern, wie manche Samenschalen, Knochen, Zähne, Muschelschalen und dergleichen, lassen wegen ihrer bedeutenden Härte den Gebrauch selbst des besten und schärfsten Messers nicht mehr zu. Um von diesen Gegenständen zur mikroskopischen Beobachtung taugliche Durchschnitte zu erhalten, muss man zu Säge und Schleifstein greifen. Ich habe in der letzteren Zeit mehrfach das von Reinicke beschriebene Verfahren angewendet und kann dasselbe als höchst zweckmässig und praktisch empfehlen. Mittelst der Seite 262 beschriebenen feinen Uhrfedersäge schneidet man zuerst eine Lamelle aus, deren Dicke sich nach der Beschaffenheit des zu behandelnden Körpers richten muss. Frische Knochen, harte Fruchtschalen u. s. w. gestatten z. B. Durchschnitte von Bruchtheilen eines Millimeters, während man von Zahnkronen, Muschelschalen und ähnlichen Gegenständen solche von mehren Millimeter Dicke zu entnehmen hat, weil sonst ein Zerbrechen der Lamellen zu befürchten ist. Eine mehr als unbedingt nothwendige Dicke schadet bei diesem Verfahren indessen nicht, weil man mit dem Schleifen doch immer noch schnell genug zum Ziele kommt.

Ist der Gegenstand gross genug, so hält man ihn beim Sägen einfach mit der linken Hand. Kleinere Gegenstände klemmt man zweckmässig in den oben erwähnten kleinen Handschraubstock oder in einen an dem Tische befestigten grösseren Schraubstock ein, oder kittet dieselben, wenn sie zu klein sind, auf Holz fest.

Die so gewonnenen Abschnitte müssen durch Schleifen weiter zubereitet werden, wobei man am zweckmässigsten die eine Fläche vollendet, ehe man zu der zweiten übergeht.

Zu der ersten Bearbeitung verwendet man einen etwa 6 bis 8″ im Durchmesser haltenden, feinkörnigen, in jeder Werkzeughandlung um geringen Preis zu erstehenden, während des Schleifens stets nass zu haltenden Schleifstein. Während man diesen mit der linken Hand dreht, wird der, erforderlichen Falles auf ein Holzstäbchen oder eine Glasplatte festgekittete Abschnitt mit einem oder zwei Fingern der rechten gegen dessen Seitenfläche gedrückt und mit dem Schleifen so lange fortgefahren, bis das Präparat die gewünschte Dünne erreicht hat, was in der Regel nach wenigen Minuten der Fall sein wird.

Um die bei dem ersten Rohschleifen verursachten Unebenheiten, Streifen u. dergl. zu beseitigen, geht man zu dem Schleifen auf einem harten, recht feinkörnigen Abziehsteine über. Kleine Körperchen, welche man nicht mehr gut mit dem Finger über diesen Stein führen kann, bedeckt man dabei zweckmässig mit einem Stückchen Kork oder Leder, womit dieselben sich sehr gut festhalten lassen.

Hat man letztere Arbeit, unter stetem Nasshalten des Steines, so lange fortgesetzt, bis die beiden Flächen der dünnen Platte so glatt sind, dass

der Stein nicht mehr länger wirken will, so geht man zum Poliren über. Dieses nimmt man am besten auf einem etwa 8 bis 10″ langen, 4 bis 5″ breiten Stückchen weichen Leders vor, welches, mit der glatten Seite nach oben gewendet, auf ein passendes Brettchen befestigt wurde. Als Polirmittel verwendet man gewöhnlichen Tripel, welchen man auf das Leder einreibt. Die ganze Operation wird ebenso vollführt wie das Feinschleifen. Man hat sich indessen, ehe die Arbeit als beendigt angesehen werden darf, stets durch Betrachtung bei auffallendem Lichte mit der Lupe oder dem Mikroskope zu überzeugen, ob eine vollkommene Glättung erreicht ist und nicht etwa noch hier und da Streifen übrig geblieben sind. Sollte dieses der Fall sein, so muss zu dem Polirriemen, und wenn jene zu tief sind, um durch das Poliren beseitigt werden zu können, zum Abziehsteine zurückgegangen werden, bis der erforderliche Grad von Vollendung erreicht ist.

Ist auf diese Weise die eine Fläche fertig gemacht, so geht man zu der zweiten über und unterwirft sie einer gleichen Behandlung. Man kittet zu dem Ende, um das Präparat, namentlich wenn es sehr dünn werden muss, nicht dem Zerbrechen auszusetzen, das Plättchen mittelst Canadabalsams auf einen Objectträger, was auch schon deshalb zweckmässig ist, weil man dann den Schliff öfter mittelst durchfallenden Lichtes betrachten und über den erforderlichen Grad von Durchsichtigkeit urtheilen kann. Hat man die gewünschte Dünne mittelst Schleif- und Abziehstein erreicht, so schreitet man zum Poliren, was wegen des als Kitt verwendeten Balsams immer einige Vorsicht verlangt. Es ist daher zunächst dafür Sorge zu tragen, dass der überflüssige Balsam am Rande des Präparates vollständig entfernt wird, weil derselbe sich beim Reiben erwärmen, erweichen und dann das Leder verunreinigen würde. Die Beseitigung gelingt leicht durch Abwischen mittelst Alkohols oder Aethers, wobei man übrigens darauf achten muss, dass das Lösungsmittel nicht auch unter das Präparat dringt und dort den Kitt auflöst. Bei solchen Präparaten, die gross genug sind und ohne Gefahr des Zerbrechens behandelt werden können, thut man am besten, wenn man sie ganz ablöst und sorgfältig von Balsam reinigt. Man führt dieselben dann mittelst des blossen Fingers über das Leder. Geht dies indessen nicht an, so darf das Plättchen nicht zu stark und nicht zu lange anhaltend gerieben werden, weil sich sonst der Balsam erwärmt und ersteres sich ablöst. Eine öfter wiederholte mikroskopische Betrachtung wird über den erreichten Grad der Vollendung Aufschluss geben. Aufgekittete Präparate können nach Erreichung der letzteren, falls man dieselben nicht unter einer bestimmten Flüssigkeit zu untersuchen oder aufzubewahren wünscht, nachdem die obere Fläche gereinigt ist, gleich mit einem Deckgläschen bedeckt werden und sind fertig. Die mit freier Hand polirten aber müssen nach vorhergegangener Reinigung gemäss einer der später zu beschreibenden Methoden eingelegt werden.

Fossile Gegenstände des Thier- und Pflanzenreiches lassen sich mittelst

der beschriebenen Methode nur dann behandeln, wenn die versteinernde Masse aus kohlensaurem Kalke besteht. Kieselhölzer und dergleichen aber wird man, wenn man sich nicht einen Schleifapparat anschaffen will, selten selbst bearbeiten können. Man lässt hier das Schleifen am besten von dem Steinschleifer verrichten, wobei allerdings der Uebelstand eintritt, dass die Präparate, wenn man dem Arbeiter in Bezug auf die Richtung des Schliffes nicht selber die nöthige Anleitung ertheilen kann, selten vollkommen befriedigend ausfallen.

Isolirung der Elementarorgane. — Für gewisse Untersuchungen reichen Durchschnitte nicht aus und man ist genöthigt, derartige Präparate noch weiter zu zerlegen. Dieses gilt namentlich für alle Fälle, wo es sich nicht allein um die relative Lage der ein Gewebe zusammensetzenden Elementartheile handelt, sondern wo man gerade diese selbst auf das Genauste kennen lernen will. Hier kommt es darauf an, letztere gehörig voneinander zu trennen, um sich von ihnen eine gesonderte und möglichst allseitige Ansicht zu verschaffen.

Ebenso ist bei morphologischen Untersuchungen der Pflanzenorgane, bei der Entwickelungsgeschichte des Blattes und der Blüthe, bei Studien über die Befruchtung der Sporen- und Samenpflanzen u. s. w., ebenso bei der Untersuchung mancher niederen Thiere in der Regel die Anfertigung von Durchschnitten entweder gar nicht oder doch nur in beschränktem Maasse ausführbar und zulässig. Hier wird die Isolirung der entsprechenden Theile und eine Befreiung derselben von störenden, die Beobachtung hindernden Organen und Organentheilen am besten zum Ziele führen.

Man verwendet zu diesen Arbeiten die Seite 263 beschriebenen Präparirnadeln und präparirt entweder mit freiem Auge, mittelst der Lupe oder unter dem Mikroskope. In den schwierigeren Fällen, wo die zusammensetzenden Elementartheile sehr zart und klein sind, wird man immer zu den letzteren greifen müssen. Das einfache Mikroskop, in der früher beschriebenen Weise ausgestattet, dient, so lange man nicht über eine 50-fache Vergrösserung hinaus zu gehen nöthig hat, diesem Zwecke am besten. Bedarf man höherer Vergrösserungen, so muss man sich allerdings dem zusammengesetzten Mikroskope zuwenden. Eigens zum Präpariren construirt sind die früher, Seite 204 bis 206, beschriebenen bildumkehrenden Mikroskope. Es lässt sich indessen hierzu das Arbeitsmikroskop leicht herrichten, wenn man entweder das bildumkehrende Ocular oder das Nachet'sche umkehrende Prisma anwendet. In der Regel wird man aber kaum nöthig haben, zu diesen letzteren Hilfsmitteln zu greifen, sondern wenn man nur einmal mit Ernst den Versuch macht, ganz gut mit dem gewöhnlichen Mikroskope zum Ziele kommen. Die Umkehrung, welche das Compositum bewirkt, ist wie ich mich aus eigener Erfahrung hinlänglich überzeugt habe, für die Handhabung der Nadeln durchaus kein Hinderniss. Man hat sich durch die Beobachtung nach und

nach so an die Umkehrung der auszuführenden Bewegungen gewöhnt, dass man dieselbe ganz unwillkürlich in der zweckmässigen Weise vornimmt. Mir ist es im Gegentheile öfter vorgekommen, dass ich, nachdem ich längere Zeit anhaltend mit dem zusammengesetzten Mikroskope gearbeitet hatte, unter dem einfachen Mikroskope nicht sogleich zurecht kam und mich erst wieder an die geradläufige Bewegung gewöhnen musste. Ein weit grösserer Uebelstand als die Bildumkehrung ist der weite Abstand der operirenden Hände von dem Auge, was die Sicherheit der Bewegungen allerdings etwas beeinträchtigt. Aber auch diese Schwierigkeit lässt sich bei einiger Geduld überwinden. Ist das Mikroskoprohr zum Verkürzen eingerichtet, so erleichtert man sich ausserdem durch eine solche die Arbeit sehr, wenn man bei verkürztem Rohre noch die erforderliche Vergrösserung herausbringt.

Die Zerlegung der Gewebe in ihre Elementarorgane ist eine der schwierigeren Operationen, namentlich, wenn es gilt, ein bestimmtes Organ von den es umgebenden zu befreien, ohne dass es dabei leidet. Die Vergrösserung der Nadelspitzen und aller stattfindenden Bewegungen thun dabei das ihrige. Ich kann daher dem Anfänger nicht dringend genug empfehlen, sich ernstlich in dieser vorbereitenden Arbeit zu üben. Passende Objecte dazu wird er in dem speciellen Theile finden.

Während man die Isolirung mittelst der Nadeln bei den meisten thierischen Geweben in frischem Zustande vornehmen kann, bietet sich denselben bei der grössten Zahl der Pflanzengewebe und manchen Thiergeweben in deren festem Zusammenhange ein bedeutendes Hinderniss dar. Man muss bei ihnen daher noch eine vorbereitende Arbeit vornehmen, um durch künstliche Mittel eine so weit gehende Lockerung, beziehungsweise Trennung der Elementarorgane hervorzurufen, dass man die Nadeln mit Erfolg anwenden kann.

Eines der einfachsten Verfahren dieser Lockerung — Maceration — der Pflanzengewebe besteht darin, dass man kleinere, 1 bis 2 Millimeter dicke, einige Millimeter lange Stückchen des vorzubereitenden Objectes in Wasser der Fäulniss aussetzt. Bei manchen Gegenständen, namentlich bei weicheren Pflanzentheilen, erfolgt die Lösung der die Gewebtheile verkittenden Substanzen nach einigen Tagen, bei anderen härteren Geweben bedarf es dagegen längerer Zeit, oft mehrerer Wochen, ehe man zum Ziele kommt. Wo dieser Methode der längeren Dauer wegen nichts im Wege steht, da ziehe ich sie jeder anderen vor, da bei ihr die Zellstoffhülle und ihre Verdickungsschichten am wenigsten verändert werden, und die isolirten Elementarorgane fast vollkommen dem frischen Zustande gleich kommen. Ist jedoch durch den Gang der Untersuchung ein längere oder kürzere Zeit dauerndes Zuwarten ausgeschlossen, dann muss man zu einem rascheren Verfahren schreiten. Bei weichen Geweben mit grossen dünnwandigen Zellen genügt häufig schon kürzere oder längere Zeit dauerndes Kochen mit Wasser, um den Zusammenhang hinreichend zu lockern. Ein geringer Zusatz von Aetzkalilösung befördert die Wir-

kung oft noch. Aus stark verholzten Zellen zusammengesetzte Gewebe verlangen eine etwas energischere Behandlung. Bei ihnen wendet man das Kochen mit Aetzkalilauge oder mit dem Schultz'schen Gemisch von Salpetersäure und chlorsaurem Kali an. Zarte Quer- oder Längsschnitte bringt man in ein Uhrschälchen, gibt etwas Salpetersäure und einige Körnchen chlorsaures Kali hinzu und erwärmt dann vorsichtig kurze Zeit über der Spirituslampe, so dass sie noch nicht in ihre Elemente zerfallen. Hierauf bringt man das Uhrglas sammt seinem Inhalte in eine Schale mit reinem Wasser, fängt die umherschwimmenden Schnittchen auf einem untergehaltenen Objectträger auf, oder hebt sie mittelst einer Glasnadel heraus und überträgt sie in ein Uhrgläschen mit Wasser, um sie über der Spirituslampe hierin und dann nochmals in Alkohol auszukochen. Verfährt man bei diesen Operationen recht vorsichtig, so wird man selten ein Präparat verlieren und haben bei nachfolgender Anwendung von Reagentien eine Entwickelung von Säuredämpfen, welche auch in sehr geringen Mengen schädlich auf das Instrument wirken könnten, nicht zu fürchten. Wo die Behandlung zarterer Schnitte nicht ausdrücklich geboten ist, da zerkleinert man den betreffenden Gegenstand in Stücke von 1 bis 2 Millimeter Dicke und entsprechender Länge, bringt diese in ein dünnwandiges Reagensglas, fügt etwa das dem Gegenstande gleichkommende Volumen von chlorsaurem Kali hinzu, giesst soviel Salpetersäure auf, bis alles damit bedeckt ist, und erhitzt über der Spirituslampe so lange, bis eine lebhafte Gasentwickelung eintritt. Dann entfernt man den Reagenscylinder von der Flamme, lässt das Gemisch noch einige Minuten einwirken und giesst den Inhalt in eine Schale mit Wasser. Hierauf kocht man die noch zusammenhängenden Stückchen ein- oder einigemale in Wasser, dann in Alkohol und zuletzt wieder in Wasser aus. Das Gewebe ist jetzt soweit gelockert, dass man dasselbe unter dem Präparirmikroskope mittelst der Nadeln in seine einzelnen Elemente zerlegen kann.

Die letztere Verfahrungsweise wirkt immer mehr oder minder chemisch verändernd auf die Substanz der Gewebe ein, was wohl zu beachten ist. Oft ist indessen, wie wir im besonderen Theile näher erfahren werden, diese Wirkungsweise gerade der Grund, weshalb man sie anwendet. Ausserdem hellt das Schultz'sche Macerationsgemisch die Gewebe sehr stark auf und erschwert die leichte Erkennung mancher Structurverhältnisse, obwohl es andere durch seine Einwirkung gerade wieder deutlich macht.

Ich gebe für alle solche Präparate, über die Structur von Gefässen und einzelnen Zellenarten, welche zum Aufbewahren bestimmt sind, wo dasselbe irgend ausführbar ist, der Maceration durch Fäulniss den Vorzug. Dagegen ist jene durch Salpetersäure und chlorsaures Kali überall da zu empfehlen, wo man sich über die feinere Structur der secundären Verdickungsschichten unterrichten will, was eine Zerfaserung der Zellstoffhülle durch die Nadel bedingt. Der Zellstoff erreicht dadurch, mit Ausnahme einiger Bastzellen, welche brüchig werden, in Folge der

Entfernung oder Umwandlung der sogenannten incrustirenden Substanzen, neben der Lockerung einen gewissen Grad seiner ursprünglichen Dehnbarkeit wieder, wodurch es möglich wird, die einzelnen Schichten voneinander loszulösen und auf grössere Strecken auseinanderzuziehen, ohne dass sie zerreissen.

Die Maceration der thierischen Gewebe, deren Unterschiede in Bezug auf die zusammensetzenden Elementarorgane weit grösser sind als jene der Pflanzengewebe, verlangt mehr Besonderheiten in der Auswahl der Reagentien und deren Concentration sowohl, als in der sonstigen Behandlungsweise. Ausser dem, was bei Gelegenheit der Aufzählung der Reagentien in dieser Beziehung angedeutet worden ist, wird es daher den speciellen Untersuchungsmethoden vorbehalten bleiben müssen, die bezüglichen Verfahrungsweisen näher zu erörtern.

Anwendung der sogenannten morphologischen Reagentien.

An die Isolirung durch Maceration und Nadel reihen sich zunächst diejenigen Einwirkungen, die man mittelst jener chemischen Mittel zu erreichen sucht, welche unter dem Namen der morphologischen Reagentien aufgeführt werden. Diese Einwirkungen bezwecken nämlich gewisse Structurverhältnisse und Elementarorgane dadurch kenntlicher zu machen, dass man sie entweder durch die geeigneten Mittel aus dem Zusammenhange mit anderen löst, ohne sie gerade für sich isolirt darzustellen, oder die Sichtbarkeit durch chemische Umwandlung ihrer Substanz, durch Aenderung ihrer Form oder durch Färbung erhöht.

Endosmotische Reagentien. — In der Pflanzenhistiologie sind in dieser Beziehung namentlich die sogenannten endosmotischen Reagentien, wie Alkohol, Zuckerwasser, Kochsalzlösung etc. in mehr oder minder hohen Verdünnungsgraden, von Wichtigkeit, welche den eigentlichen Zellkörper, und zwar die Membran (Primordialschlauch) sammt dem Zellinhalte von der Zellstoffhülle abziehen und dadurch zur Anschauung bringen. Ferner können Essigsäure oder verdünnte Salpetersäure sowie sehr verdünnte Lösung von Sublimat dazu dienen, um den Zellkern und die Protoplasmaströmchen deutlicher hervortreten zu lassen. Bei der Anwendung setzt man diese Reagentien in der weiter unten bei den chemischen Reactionen näher geschilderten Weise der Zusatzflüssigkeit tropfenweise zu, um einestheils die Steigerung der Einwirkung in der Hand zu haben, anderntheils die hervorgerufenen Erscheinungen gradweise verfolgen und studiren zu können.

Aufhellung thierischer Gewebe. — In der thierischen Histiologie verwendet man neben Schwefel-, Chrom- und Salzsäure namentlich die Essigsäure und das Aetzkali oder Aetznatron als sichtbar machende Mittel.

Die Schwefelsäure dient vorzugsweise, um das häufig nur schwer

sichtbare Epithel der thierischen Haare zu isoliren, dann zum genauen Studium der Horngebilde, deren Zellen dieselbe, in concentrirtem Zustande oder mit Zuhilfenahme von Wärme angewendet, isolirt und in Folge dessen deutlicher und bestimmter hervortreten macht. In höchst verdünntem Zustande, 1 Theil Säure auf 10000 Theile Wasser, ertheilt sie dem Bindegewebe, welches etwa 24 Stunden damit behandelt wurde, die Eigenschaft, sich in Wasser von etwa 40° C. aufzulösen, so dass in demselben vorkommende andere Formelemente, Bindegewebezellen, elastische Fasern u. s. w. leicht zur Anschauung gebracht werden können.

Die Chromsäure bildet ein vortreffliches Hilfsmittel bei der Untersuchung des centralen Nervensystemes, indem sie mit erhärtenden sichtbar machende Eigenschaften verbindet. Hier dient sie nach O. Deiters namentlich zum Nachweise der feineren Zellenfortsätze und dergleichen. Man darf das Reagens dann aber nur in den feinsten Verdünnungen, 1 Theil Säure auf 5000 bis 10000 Theile Wasser, anwenden, und verbindet damit zweckmässig die Einwirkung stark verdünnter Alkalien und einer 0,2- bis 0,1procentigen Lösung von doppeltchromsaurem Kali.

Die Salzsäure dient in weniger stark verdünntem Zustande (5—10 : 100) vorzugsweise dazu, um den Knochenknorpel zur Darstellung zu bringen, indem sie die Kalksalze der Knochen löst und jenen zurücklässt. Es lösen sich in derselben ferner die leimgebenden Substanzen und es bleiben die von denselben eingeschlossenen Knochenknorpel und Bindegewebszellen isolirt zurück. Bei sehr starker Verdünnung (1:1000) hellt sie das Bindegewebe vorzüglich auf und lässt dessen übrige Formelemente, wie Zellen und elastische Fasern, deutlich hervortreten. Ebenso lässt sich durch die gleiche Verdünnungsstufe das Sarkolemma der Muskelfasern prachtvoll zur Anschauung bringen, indem nach der Lösung des Inhaltes die umgebende Scheide zurück bleibt. Vorzüglich schöne Präparate erhält man hier, wenn erst die soeben erwähnte höchst verdünnte Schwefelsäure eingewirkt hatte. Endlich bietet sich in der höchst verdünnten Säure von 1 : 1000 — 2000 ein ausgezeichnetes Mittel, um die Muskelfaser in ihre Querscheibchen zerfallen zu machen.

Eine ausgedehnte Anwendung zur Sichtbarmachung von Structurverhältnissen findet die Essigsäure. Vor allem ist sie geeignet, die Kerne der thierischen Zelle hervortreten zu lassen, indem sie die meisten Zellen und Gewebe aufquellen und dadurch durchsichtiger macht, oder indem sie selbst Zellhülle und Inhalt auflöst, während die Kerne aber fast unverändert bleiben. In gleicher Weise macht sie die elastischen Fasern, die Bündel glatter Muskeln, die Gefässe, Nerven und Zellen, welche in dem Bindegewebe eingebettet sind, leichter sichtbar, indem sie letzterem einen hohen Grad von Durchsichtigkeit ertheilt.

Vorzügliche Dienste leistet dieses Reagens auch bei der Untersuchung des Nervengewebes. Die Nervenhüllen verkürzen sich durch dessen Einwirkung und es tritt aus den Schnittenden der Achsencylinder

neben der granulirten Marksubstanz hervor; die Nervenzellen erhalten dadurch schärfere Umrisse, und Kerne wie Inhalt werden deutlicher. Vor allem aber eignet sich eine sehr starke Verdünnung, von ein paar Tropfen concentrirter Säure auf etwa 2 Unzen Wasser, zur Aufhellung der Muskeln, an denen man den Verlauf der Nervenendigungen zu studiren wünscht.

Das Aetzkali wird namentlich zur Aufhellung der Structur der Horngewebe gebraucht, indem dessen Zellen darin aufquellen, wodurch sie eine kugelige Gestalt annehmen und bestimmter zu erkennen sind. Als Isolationsmittel von elastischen Fasern, Nervenelementen, Drüsencanälchen wirken mässig verdünnte Lösungen von 1 Theil Aetzkali auf $1^1/_2$ bis 2 Theile Wasser ganz vorzüglich. Namentlich aber haben sich derartige Lösungen von 30 bis 35 Proc. für das Studium der Muskelgewebe von grösstem Nutzen erwiesen. Die contractilen Faserzellen der glatten Muskeln lassen sich mittelst derselben ganz ausgezeichnet isoliren und zur Anschauung bringen, wenn man die ersteren etwa 10 bis 20 Minuten mit der Lauge in Berührung bringt. Ebenso trennen sich die einzelnen Fäden der quergestreiften Muskeln bei einer gleichen etwa gleichlang dauernden Behandlung, indem die Kittsubstanz gelöst wird. Zur Demonstration des Verhaltens der Muskelfasern zu den Sehnen haben wir bis jetzt in der Aetzkalilauge von dem erwähnten Concentrationsgrade das einzige Mittel, vermittelst dessen erst in neuster Zeit die thierische Histiologie zu bestimmten Resultaten gelangt ist. Als Zwischenmittel bei der Untersuchung der zartesten Nervenstructuren gebraucht man eine Mischung von 1 Tropfen Kalilauge auf die Unze Wasser und lässt diese nach der Behandlung mit Chromsäure nur kurze Zeit (1 Stunde) wirken.

Färbung der Elementarorgane. — Eine weite Ausdehnung in der gesammten Histiologie hat das letzte der oben genannten Hilfsmittel, die Färbung gewisser Gewebetheile mittelst passender Flüssigkeiten, erlangt und soweit die vorliegenden Resultate ein Urtheil gestatten, kommt derselben eine kaum zu überschätzende Bedeutung zu.

Man verfolgt bei dieser Methode der Vorbereitung der Beobachtungsobjecte verschiedene Zwecke. Erstlich wendet man die Färbung überall da an, wo sehr zarte, farblose, thierische oder vegetabilische Membranen, Fasern, Zwischensubstanzen und dergleichen einen so hohen Grad von Durchsichtigkeit besitzen, dass dieselben entweder gar nicht oder doch nur höchst unvollkommen in ihren wahren Structurverhältnissen zur Anschauung kommen. Zweitens aber, und dies ist wohl der wichtigere Fall, bezweckt man damit die Sichtbarmachung gewisser Theile der Elementarorgane, Kerne, Protoplasmastränge oder einzelner, in Verbindung mit anderen vorkommender Elementarorgane selbst, um sie so gleichsam isolirt zur Anschauung zu bringen und ihr Verhältniss zu den umgebenden Gewebetheilen zu ermitteln.

Zu dem ersteren Zwecke hat man die Färbung schon seit lange angewendet und eignen sich hierfür je nach Umständen verschiedene der

früher beschriebenen chemischen Reagentien, indem dieselben entweder mechanisch in die betreffenden Membranen u. s. w. eingelagert werden oder mit ihnen chemische Verbindungen eingehen.

Zur Darstellung mancher Structurverhältnisse der vegetabilischen Zellhüllen, zur Erkennung von zarten Streifungen, sehr dünner Membranen und dergleichen, zur Entscheidung, ob kleine Poren mittelst einer feinen Haut verschlossen oder offen sind, eignet sich die Färbung mittelst einer starken alkoholischen Jodlösung ganz gut, möchte aber besser noch durch die blaue Färbung, welche Jod und Schwefelsäure in nicht verholzten Zellstoffhüllen hervorrufen, zu ersetzen sein, die durch chemische Wirkung erzielt wird. Die feinen Wimpern der Schwärmsporen und Samenfäden bringt man wiederum durch Jodlösung zur Ansicht, welche zugleich die Bewegungen aufhebt. Ebenso eignet sich dieses Mittel zur Sichtbarmachung zarter thierischer Zellhäute, feiner Fasern und Wimperfortsätze, durch Wasser unsichtbar gewordener Blutkörperchen und dergleichen.

In ähnlicher Weise wie Jodlösung wirkt auch eine nicht zu sehr verdünnte Chromsäure. Für manche Objecte der thierischen Histiologie dürfte dieselbe der Jodlösung insofern noch vorzuziehen sein, als sie auf solche nicht blos färbend wirkt, sondern auch nebenbei deren Brechungsvermögen ändert und dadurch ihre Ränder und Grenzlinien deutlicher hervortreten macht.

Zu jenen Färbungen, wie sie der zweite Fall verlangt, sind die in dem vorigen Abschnitte beschriebenen Lösungen von carminsaurem Ammoniak, Fuchsin, Indigocarmin und Anilinblau vorzugsweise in Gebrauch gekommen. Ausserdem benutzt man in neuerer Zeit das salpetersaure Silberoxyd und die Ueberosmiumsäure. Die ersteren und letzteren dieser Flüssigkeiten verlangen eine verschiedene Behandlungsweise, auf welche wir etwas näher eingehen müssen.

Zur Färbung mittelst der ersteren Lösungen kann man sich einer stärkeren oder geringeren Verdünnung mittelst Wasser bedienen. Namentlich ist dies für die Carminlösung zu beachten, welche in zu hohem Grade der Concentration leicht diffuse Färbungen bewirkt und so die Präparate verdirbt. Die übrigen Lösungen lassen sich meistens in der Form benutzen, wie man sie sich nach der oben gegebenen Vorschrift bereitet hat. Mehrfache Versuche und Erfahrungen werden hier die besten Führer sein.

Die Färbeflüssigkeit bringt man bei der Anwendung in ein Uhrschälchen und trägt dann die zu behandelnden Schnitte mittelst eines fein ausgezogenen Glasstabes ein. Die Zeit des Verweilens der Präparate in der Flüssigkeit muss sich erstlich nach deren Concentration und färbendem Vermögen und dann nach der Beschaffenheit des Objectes richten. Unter Umständen wird das Einlegen von ein paar Minuten genügen, unter anderen Verhältnissen wird man das Object einige Stunden oder noch länger mit dem Färbemittel in Berührung lassen müssen. Einige Uebung

in der Beurtheilung der Farbenintensität wird leicht erworben werden, und dann den richtigen Moment des Herausnehmens treffen lassen.

Das gefärbte Präparat muss, ehe es zur Beobachtung und Aufbewahrung gelangt, je nach der zu wählenden Einhüllung entweder mittelst Wasser, dem unter Umständen ein paar Tropfen Essigsäure zugesetzt werden können, oder mittelst Alkohols ausgewaschen und dann in eine passende, das Färbemittel nicht verändernde Zusatzflüssigkeit gebracht werden, wozu sich von den wässerigen Flüssigkeiten verdünntes Glycerin, unter den Harzen Canadabalsam am geeignetsten erweisen dürften.

Die Färbung mittelst der Lösung von salpetersaurem Silberoxyd hat verschiedene Ziele im Auge und bedarf danach die Ausführung eine entsprechende Aenderung. Soweit die Methode bis jetzt ausgebildet ist, werden indessen noch nicht überall ganz sichere, im Voraus zu bestimmende Resultate erreicht, indem die beiderlei erzielten Wirkungen mehr zufällig oder gar zugleich miteinander auftreten.

Gilt es, den Niederschlag des metallischen Silbers im Inneren von Zellen, feinen Canälchen oder von den Ausläufern der Bindegewebskörperchen zu erzeugen und so deren Hohlsein zu demonstriren, so bringt man die möglichst frischen, von höchstens einen Tag alten Leichnamen entnommenen Gewebetheile in eine schwache Lösung von 1 Theil Salz auf 400 bis 800 Theile Wasser und taucht sie nach einem längeren Verweilen darin in höchst verdünnte Salzsäure oder in eine schwache Kochsalzlösung, oder man setzt dieselben auch in einer concentrirten Kochsalz- oder Salmiaklösung liegend längere Zeit dem Einflusse des Lichtes aus.

Will man dagegen die Zwischenmassen der Epithelien, die sogenannten Kittsubstanzen färben, und sollen die zelligen Elemente von Silberniederschlag frei bleiben, um Zellengrenzen, den Verlauf von Nervenfasern, von feinen Blut- und Lymphgefässen nachzuweisen, so lässt man die betreffenden Präparate nur kürzere Zeit der Einwirkung des Färbemittels ausgesetzt und wäscht dieselben sogleich mit reinem Wasser aus. Man erhält dann, wie W. Kühne berichtet, Präparate, die das Aussehen einer umgekehrten Silhouette zeigen und ein Bild gewähren, mit dem an Deutlichkeit kein anderes mikroskopisches Bild wetteifern kann.

Die Färbungen mittelst der Ueberosmiumsäure liefern im Ganzen wohl ähnliche Bilder. Es bleibt aber, da dieselbe vorerst nur auf das Leuchtorgan von Lampyrus spendidula in ausgedehnterer Weise angewendet worden ist, noch zu ermitteln, welche Elementarorgane und Substanzen sich für eine Behandlung mit diesem Reagens eignen. Nach einer vorübergehenden Bemerkung von Max Schultze soll die Reduction namentlich durch Eiweisskörper und Fett bewirkt werden.

Der Erfolg scheint hier davon bedingt zu sein, dass die betreffenden Gewebetheile in möglichst frischem Zustande in die Säurelösung gebracht werden; wenigstens berichtet Max Schultze, dass ihm die Färbung der sternförmigen Tracheen-Endzellen nur dann gelungen sei, wenn er noch

leuchtende und lebende Thierchen eingelegt habe. Wir werden eben die weiteren Mittheilungen des genannten Forschers abzuwarten haben, um zu erfahren, welcher Ausdehnung diese Methode der Färbung fähig ist.

Injectionsverfahren.

Für manche Gegenstände namentlich aus der thierischen Histiologie genügen die Schnitte nicht vollständig, um alle Einzelnheiten zu erkennen, während Isolirungspräparate sich von denselben gar nicht in der nöthigen Vollkommenheit darstellen lassen, oder wegen der erforderlichen Uebersicht der Gewebetheile nicht zweckdienlich erscheinen. In solchen Fällen bietet die Injection mittelst färbender, nach und nach erstarrender Flüssigkeiten ein vortreffliches Mittel für das Studium einzelner Structurverhältnisse.

Injection von Pflanzentheilen. — In der Pflanzenhistiologie wurde meines Wissens die Injection zuerst von Professor Schacht bei seinen Untersuchungen über die Entstehung und den Bau der Nadelholztüpfel angewendet. Man bedient sich dazu der Luftpumpe. Sehr empfehlenswerth ist das Seite 265, Fig. 208 beschriebene kleine Instrument; man kann indessen mit gleichem Vortheil auch die gewöhnliche Luftpumpe gebrauchen. Als Injectionsmasse ist geschmolzenes Stearin ausgezeichnet, namentlich wenn man zu dem weiter oben berührten Zwecke injicirt. Zu manchen Zwecken mischt man demselben Carmin oder irgend eine andere färbende Substanz bei. Ehe man zu der Injection schreitet, muss der betreffende Gegenstand durch Behandlung mittelst geeigneter chemischer Reagentien gehörig gereinigt werden, und wenn man eine fetthaltende Injectionsmasse verwendet, vollkommen trocken sein. Dann bringt man ihn in kleinen Stückchen entweder unmittelbar in den mit der zu injicirenden Flüssigkeit gefüllten kleinen Recipienten des genannten Instrumentchens oder in ein kleines, mit jener erfülltes Abdampfschälchen unter die Glocke der Handluftpumpe. Im ersteren Falle kann man den ersteren in dem Wasserbade warm und die Masse geschmolzen erhalten, im letzteren Falle reicht eine hinreichend starke Erwärmung der Abdampfschale aus, um die Masse so lange geschmolzen zu erhalten als es nöthig ist. Ich habe meine meisten Injectionen in der letzteren Weise ausgeführt und stets vollkommen befriedigende Resultate erlangt. Zur Injection frischer Pflanzentheile, der Gefässe u. s. w., die indessen nur schwierig gelingt, verwendet man vortheilhaft eine Auflösung von 1 Theil Gelatine in 8 bis 10 Theilen mit ein paar Tropfen Glycerins versetzten Wasser, in welchem feinvertheilter Carmin oder Zinnober suspendirt ist. Diese Lösung erhärtet nach ein paar Tagen soweit, dass man von den injicirten Gegenständen ganz hübsche Schnitte zu nehmen im Stande ist. Man kann hier entweder mittelst der Luftpumpe oder noch besser mittelst der bei thierischen Injectionen gebrauchten Spritze injiciren. Letztere muss dann aber mit zum Einstechen eingerichteten Canülen versehen sein.

Injection thierischer Gewebe. — Eine weit ausgedehntere Anwendung als bei der Untersuchung der Pflanzengewebe findet die Injection in der thierischen Histiologie, für welche dieselbe von der grössten Wichtigkeit ist. Hier dient sie namentlich zum Nachweise der Theilungen und des Verlaufes der feineren Haargefässe in den verschiedenen Geweben und Organen. Häufig werden aber auch andere feine Canäle und Höhlungen mittelst derselben sichtbar gemacht, wie die Gallencanäle der Leber, die Harncanälchen der Nieren, die feinen Verzweigungen der Bronchien, die Knochenzellen nebst den mit ihnen in Verbindung stehenden Havers'schen Canälen u. s. w.

Das Injectionsverfahren ist wie jedes andere feinere Präparationsverfahren eine Kunst, die eben eine durch Uebung zu erlangende Fertigkeit verlangt und mit Ernst erlernt sein will. Man muss nur nicht glauben, dass gleich der erste Versuch gelingen müsse, und darf sich auch durch wiederholtes Missglücken nicht abschrecken lassen. Hier lohnt sich gerade ein geduldiges Ausharren durch die Schönheit der erlangten Präparate mit am meisten.

Die nöthigen Apparate und Injectionsmassen haben wir bereits in dem vorhergehenden Abschnitt kennen gelernt. Was weiter zu der Ausführung von Injectionen erforderlich ist, reducirt sich auf einige feine Scheerchen, Pincetten, mehrere Sorten gut gewichsten Seidenfadens zum Unterbinden der injicirten Gefässe, sowie auf die Vorrichtungen zum Erwärmen der Injectionsmassen und der zu injicirenden Theile.

Zunächst ist, vor dem Vollzuge der Injection, die Beschaffenheit der Objecte ins Auge zu fassen, welche man verwendet, d. h. die Frage zu erledigen, ob man die Gewebe in mehr frischem oder etwas älterem Zustande injiciren soll. Hier scheinen die Meinungen verschiedener Histiologen nicht ganz übereinzustimmen. Einige wollen, wenn es sich nicht gerade um musculöse Theile handelt, bei denen die Todesstarre häufig die Ausführung der Injection verhindert, die Injectionsobjecte in möglichst frischem Zustande und von eben getödteten Thieren entnommen haben. Andere wollen, dass man den Zeitpunkt abwarte, wo die Todesstarre der hierauf eintretenden Erschlaffung Platz gemacht habe, was im Sommer nach kürzerer, im Winter erst nach längerer Zeit geschieht. Einzelne Objecte machen ausserdem noch besondere Vorbereitungen nothwendig, so z. B. sehr weiche Theile, solche Organe, bei denen man eine Injection der Lymphgefässe beabsichtigt u. s. w. Wir können hier natürlich nicht alle diese Besonderheiten berücksichtigen, sondern müssen uns mehr an das Allgemeine halten und jene der speciellen Anleitung zur Untersuchung thierischer Gewebe überlassen.

Handelt es sich blos um die Injection eines bestimmten Systemes, so hat man vor dem Beginn der Arbeit Sorge dafür zu tragen, dass nicht etwa der Uebertritt in ein anderes System erfolgen kann, welches mit dem ersteren in Verbindung steht. Wo solche Verbindungen vorhanden

sind, da muss zuerst eine vorsichtige Unterbindung der betreffenden Stellen vorgenommen werden.

Bei der Injection der Blutbahnen kann man diese, wo es sich vornehmlich um die Erfüllung des Capillarsystemes handelt, ebensowohl von den Arterien, als von den Venen aus vornehmen. Am besten lässt sich dieselbe indessen durch die Arterien bewerkstelligen, weil diese dickere Wandungen besitzen und die zartwandigen Venen ausserdem noch durch ihren Klappenapparat der Operation ein Hinderniss in den Weg legen.

Hat man sich für den Weg, welchen die Injectionsmasse nehmen soll, entschieden und das betreffende Gefäss aufgesucht, so öffnet man dieses, um das Eindringen von Luft zu verhüten, unter Wasser mittelst eines kleinen Längsschnittes, welcher nicht grösser sein darf, als nöthig ist, um die bequeme Einführung der mit Wasser gefüllten Canüle zu gestatten. Sollten bei älterem Material die zu injicirenden Gefässe mit geronnenem Blute erfüllt sein, so ist es oft von Vortheil, wenn man vor der Injection einen Strom warmen Wassers eintreibt. Man muss hierbei aber immer mit Vorsicht verfahren und nicht zu voreilig sein, weil durch dieses Verfahren häufig der Uebelstand eintritt, dass bei dem später folgenden Eintreiben der Injectionsmasse ein Austreten derselben in die umgebenden Gewebetheile stattfindet, wodurch man genöthigt wird, die ganze Arbeit zu unterbrechen.

Ist die Einführung der Canüle in ein Gefäss gelungen, so wird dieselbe mittelst eines gewichsten Seidenfadens in dasselbe eingebunden. Man fasst zu dem Ende den Faden entweder mittelst einer Pincette oder fädelt denselben in eine Nadel ein und führt ihn unter dem Gefäss hindurch und um dasselbe herum. Bei grösseren Gefässen muss dieses Einbinden möglichst fest geschehen; bei zarteren Gefässen dagegen hat man sehr schonend zu verfahren, um dieselben nicht zu verletzen.

Ist letztere Operation beendet, so füllt man die Spritze, deren Stempel vorher, um das Eindringen von Luft zu verhindern, ganz herabgedrückt wurde, in der bekannten Weise unter dem Spiegel der flüssigen Injectionsmasse vollständig an und führt deren Mundstück bis zur vollen Tiefe in die Canüle ein. Diese hält man dabei mit der linken Hand fest und erhebt sie etwas, während die Spritze selbst bei aufliegendem Vorderarm zwischen die Mittelglieder des Zeige- und Mittelfingers eingeklemmt und der Daumen in den Ring des Stempels gelegt wird.

Indem nun die Spritze sorgfältig in die Richtung des Blutstromes gebracht wird, in welcher das Fortrücken der Injectionsmasse am leichtesten erfolgt, beginnt man das Eintreiben der letzteren unter möglichst langsamem und stetigem Druck. Sobald die Flüssigkeit weiter und weiter vordringt, fühlt der Finger einen verhältnissmässig zunehmenden Widerstand, dem er sich beim Einschieben des Stempels anbequemen muss. Vor allen Dingen vermeide man jetzt einen zu heftigen und namentlich einen unregelmässigen stossweisen Druck, welcher unfehlbar ein Misslingen des Präparates herbeiführen würde. Sollte sich etwa ein stärkerer

Widerstand bemerklich machen, so könnte dieser von einer Verstopfung der Canüle herrühren, und es muss diese zu beseitigen gesucht werden, indem man die Spritze vorsichtig wegnimmt und in die erstere einen feinen Metalldraht oder eine Schweinsborste einführt.

Den Zeitpunkt der Vollendung zu bestimmen ist nicht leicht und lassen sich bestimmte Regeln dafür ganz und gar nicht geben. Hier gehört eben eine gewisse Erfahrung und Uebung dazu, um den richtigen Moment mit einiger Zuverlässigkeit zu treffen, und selbst der Geübteste kann unter Umständen einen Missgriff thun. Bricht man die Operation zu früh ab, so zeigen sich die feinen Gefässe noch nicht vollständig erfüllt, setzt man sie dagegen zu lange fort, so werden dieselben zerrissen und es findet ein Austritt der Injectionsmasse statt. Am sichersten leitet bei der Beurtheilung noch die sichtbare Wirkung der Injection, d. h. die Färbung, weniger darf man sich auf die Verstärkung des Widerstandes gegen das Eindringen verlassen. Wo sich bei den warmen Injectionsmassen kleine Austrittsstellen (Extravasate) zeigen, da geben solche einen Wink zum Abbrechen, während dieser Zeitpunkt bei den kaltflüssigen Injectionsgemischen in der Regel dann eintritt, wenn die farblose Flüssigkeit an der Oberfläche des injicirten Organes in Form einer fettigen Benetzung hervortritt.

Ist die Operation schliesslich gut zu Ende geführt, so wird die Oeffnung der Canüle mittelst eines Stöpsels aus Kork fest verschlossen, unterhalb derselben das injicirte Gefäss unterbunden und nun erst das Röhrchen losgebunden und herausgenommen.

Sollen feinere Gefässe kleiner und zarter Thiere, die feineren Lymphgefässe im Innern der Organe u. s. w. injicirt werden, so gelangt man auf die eben beschriebene Weise nicht zum Ziele. Man greift dann zu dem sogenannten Einstichverfahren. Am zweckmässigsten ist es, wenn zu diesem Behufe der Spritze eine oder mehrere Canülen beiliegen, welche in Form des Troicarts construirt sind. Man kann sich indessen auch selbst eine derartige Vorrichtung herstellen, indem man in das Innere der Canüle eine Nadel einführt. Der Einstich in den zu injicirenden Gewebetheil wird mittelst dieser Vorrichtung an einer passenden Stelle vorgenommen und die Canüle so weit nachgeschoben, bis die gewünschte Stelle im Innern erreicht ist. Nach dem Herausziehen der Nadel wird die Injection in bekannter Weise ausgeführt.

Wo man die beiden Blutbahnen zugleich, oder neben der Blutbahn die Lymphgefässe oder die Canälchen drüsiger Organe zu injiciren hat, da wird bei dieser doppelten Injection die Arbeit bedeutend erschwert.

Bei der Injection der beiden Blutgefässsysteme geht man am besten von der Erfüllung der Venen aus und schreitet dann zur Erfüllung der Arterien und ihren Verzweigungen. Dass hier eine Scheidung der beiden Systeme durch Abbinden vorzunehmen und ein Uebertritt der Injectionsmasse für das eine System in die Bahnen des anderen zu vermeiden ist, versteht sich von selbst. Als solche empfehlen sich hier vorzugsweise die in der Wärme flüssigen, beim Erkalten erstarrenden Leimlösungen,

wobei man zwischen der ersten und folgenden Einspritzung einige Zeit verstreichen lässt, um die zuerst angewendete Masse einige Starrheit gewinnen zu lassen. Die Farben endlich wähle man derart, dass sie beim Zusammentreffen eine schöne Mischfarbe bilden, so z. B. Berlinerblau und Weiss oder Berlinerblau und Carmin bei Präparaten für durchgehendes, Zinnober und chromsaures Bleioxyd bei solchen für auffallendes Licht.

Sollen ausser der Blutbahn noch die Lymphgefässe oder die Canälchen von Drüsenorganen injicirt werden, so geht man in der Regel mit der Erfüllung der ersteren voraus und lässt diejenige der letzteren nachfolgen. Wo für die zweite Erfüllung die Einstichmethode zur Anwendung kommen muss, da vermeide man hierbei sorgfältig die Verletzung der bereits erfüllten Blutgefässe.

Zur Beobachtung bedürfen die injicirten Körpertheile in der Regel eine ähnliche vorbereitende Behandlung, wie sie für Darstellung anderer Präparate erforderlich ist. Wo man warme Injectionsmassen angewendet hat, brauchen dieselben vor allen Dingen die nöthige Zeit zum Erstarren, ehe man zur Anfertigung von Schnitten schreiten kann. Leim- oder Gelatineinjectionen müssen wenigstens mehrere Stunden, Harzinjectionen noch längere Zeit liegen, während die kalten Injectionsgemische eine sofortige Präparation gestatten. Ist eine Erhärtung angezeigt, so bringt man entweder den injicirten Körpertheil im Ganzen, oder wenn derselbe ein zu bedeutendes Volumen besitzt, in passende Stücke zerlegt in Weingeist und verfährt dabei ganz nach den im Voranstehenden gegebenen Vorschriften.

Entfernung störender Substanzen und Körper.

Nächst der Präparation kommt noch die Entfernung solcher Substanzen und Körper in Betracht, welche entweder vermöge ihrer lichtbrechenden Eigenschaften oder insofern störend auf die Untersuchung wirken, als sie durch ihre Masse die zu beobachtenden Structurverhältnisse mehr oder minder verdecken und verdunkeln. Dahin gehört vor allem die atmosphärische Luft, dann bei Pflanzengeweben: Stärkemehl, Harze, flüchtige oder fette Oele, Krystalle und dergl., bei Thiergeweben vorzugsweise Fette u. s. w.

Entfernung der Luft. — Die Entfernung der Luft gelingt am leichtesten dadurch, dass man das Präparat kurze Zeit in absoluten Alkohol legt, es dann in eine Schale mit Wasser und aus dieser auf das Objectglas überträgt. Wo der Alkohol störend auf den Inhalt der Gewebe wirken würde, und dieses vermieden werden muss, bedient man sich am zweckmässigsten der Luftpumpe, um die Luft zu entfernen, und evacuirt mittelst einiger Kolbenzüge, während das Präparat sich in Wasser oder in der betreffenden Aufhebeflüssigkeit befindet. Wenn man keine Luftpumpe zur Verfügung hat, muss man sich dadurch zu helfen suchen, dass man den Gegenstand einige Stunden in ausgekochtes Wasser oder längere Zeit, 1 bis 2 Tage, in die betreffende Zusatzflüssigkeit legt.

Um Harze, fette und flüchtige Oele zu entfernen, wendet man Ben-

zin, Alkohol und Aether an. Die zwei letzteren dienen ausserdem bei den thierischen Geweben auch zur Entfernung des Fettes.

Beseitigung fester und flüssiger Substanzen. — Stärkemehl, welches in den Zellen eingeschlossen ist, sucht man durch Anwendung von Salzsäure, verdünnter Schwefelsäure oder Aetzkalilauge unschädlich zu machen, indem es von ersterer Flüssigkeit aufgelöst wird, in den beiden anderen aber so stark aufquillt, dass es ganz durchsichtig wird. Man muss indessen beachten, dass durch diese Mittel auch in den Geweben selbst und deren Inhalt chemische und physikalische Veränderungen veranlasst werden; namentlich hat man das Kali überall da zu vermeiden, wo man Gerbstoff in den Zellwänden oder im Inhalte vermuthen darf. Hat sich das Stärkemehl von den durchschnittenen Zellen aus über das Präparat verbreitet, so spült man es vorsichtig mittelst Wassers und eines feinen Haarpinsels fort.

Krystalle entfernt man, wo dies angeht, d. h. sofern als in dem Wasser des Objectträgers lösliche Verbindungen erzeugt werden können, mittelst eines Tropfens verdünnter Säure.

Führen diese Veranstaltungen nicht zum Ziele, so hilft oft das Auspinseln des Präparates.

Diese zuerst von Professor His empfohlene Methode lässt sich zur Entfernung störender Körper sowohl bei vegetabilischen, als bei thierischen Präparaten überall da anwenden, wo der Schnitt die erforderliche Festigkeit besitzt, um nicht beschädigt zu werden. Man verfährt dabei so, dass man das Präparat reichlich mit Flüssigkeit umgibt und unter stetem Erneuern der letztern durch senkrechtes Tupfen mit einem Pinsel so lange bearbeitet, bis es hinreichend aufgehellt ist. Ein nachträgliches Bespülen hilft dann oft noch zu gutem Erfolge. Bei erhärteten Geweben hat man vorzugsweise darauf zu sehen, dass die Erhärtung weder zu gering, noch zu weit gediehen ist.

Einäscherung.

Bei manchen Untersuchungen kommt die Einäscherung als vorbereitende Arbeit des betreffenden organischen Gegenstandes in Betracht. Es gilt dies namentlich für alle die Fälle, wo eine Ablagerung von Kieselsäure in den Membranen der Gewebe zu vermuthen ist und man sich über den Antheil derselben an dem Aufbau der letzteren ein Urtheil zu verschaffen wünscht. Die Wichtigkeit dieser Art von Untersuchungen, hat sich in neuerer Zeit durch die Arbeiten von Krüger, Wiecke, H. v. Mohl und J. Sachs herausgestellt, und dürfen dieselben bei einer grossen Zahl von histiologischen Beobachtungen kaum mehr ausser Acht gelassen werden. Am einfachsten ist wohl für manche Fälle die Verbrennung des zu untersuchenden Gegenstandes. So sehr sich indessen diese Methode durch Einfachheit und dadurch auszeichnet, dass sie nur wenig Zeit in Anspruch nimmt, so sehr spricht gegen ihre allgemeine Anwendung der Umstand, dass man einen vollständigen Erfolg

nur in seltenen Fällen erreicht. Hat man nicht vor der Einäscherung die alkalischen Salze und einen Theil der organischen Substanz durch chemische Mittel ausgezogen, so ist von diesen meistens eine nachtheilige Einwirkung auf das Präparat zu erwarten. Zunächst bilden jene mit der Kieselerde in der Glühhitze Schmelzungsproducte, wodurch natürlicherweise die Structur des Kieselskelettes mehr oder weniger, ja nicht selten bis zur Unkenntlichkeit zerstört wird. Dann erhält man, da die organische Substanz, selbst bei sehr heftigem und lange fortgesetztem Glühen wohl nur in den wenigsten Fällen ganz zerstört wird, niemals eine rein weisse Asche und das Präparat erscheint durch beigemengte Kohle mehr oder minder gefärbt. Endlich läuft man für den Fall, als die in dem Aschenskelette noch enthaltenen Salze mittelst Salzsäure zu lösen und zu entfernen gesucht werden, Gefahr, manches Präparat ganz einzubüssen. Die bei dieser Operation sich entwickelnde Kohlensäure entweicht nämlich in der Regel, und namentlich, wenn man nicht sehr verdünnte Salzsäure anwendet, so stürmisch, dass sie das Kieselskelett in kleine Stückchen zerreisst. Je mehr man aber darauf Bedacht genommen hat, dass vor dem Glühen durch entsprechende Lösungsmittel die alkalischen Salze entfernt und Schmelzungsproducte vermieden werden, je sorgfältiger man die organische Substanz zerstört hat, desto reinere, zusammenhängendere und der stärksten Glühhitze widerstehende Präparate erhält man.

Zu dieser vorbereitenden Behandlung eignet sich nach H. v. Mohl am besten das Kochen des entsprechenden Gegenstandes mit Salpetersäure und chlorsaurem Kali. Dasselbe wird dabei so lange fortgesetzt, bis das Object vollständig entfärbt ist. Um hierauf jede Spur des Macerationsmittels zu entfernen, kocht man zuerst gut mit Wasser, und dann mit Alkohol aus. Schacht empfiehlt für manche Fälle ein Auskochen mit Chlorkalk und Salzsäure, weil selbst nach der eben beschriebenen Behandlung von den organischen Bestandtheilen noch Reste zurückbleiben und das Präparat färben sollen. Soweit indessen meine Erfahrungen reichen, genügt das von H. v. Mohl eingeschlagene Verfahren vollkommen. Das Verfahren von Schacht dürfte indessen den Vortheil bieten, dass man das erhaltene Kieselskelett nicht mehr mit Salzsäure auszuziehen nöthig hat, was sonst immer noch erforderlich wird, um die verschiedenen Erdsalze zu beseitigen.

Das Glühen selbst nimmt man auf einem Platinbleche oder auf dem flachen Deckel eines Platintiegels vor. Ist das Präparat jedoch sehr zart, und läuft man Gefahr dasselbe leicht zu verlieren, so thut man besser, wenn dasselbe auf das Deckgläschen gelegt und mit diesem auf dem Platinbleche geglüht wird.

Das Glühen eines nicht weiter voraus behandelten Objectes empfiehlt sich überall da, wo man sich vorerst zu überzeugen wünscht, ob von demselben ein Kieselskelett erhalten werden kann oder nicht. Verbrennt nach v. Mohl ein solcher Theil rasch zu einer weissen Asche von mattem, kreideähnlichem Ansehen, welche einen schwachen Zusammenhang besitzt

und bei durchfallendem Licht eine bräunliche Färbung zeigt, so kann man ziemlich sicher sein, dass sich von demselben durch kein Mittel ein vollkommenes Kieselskelett darstellen lassen wird. Bewahrt dagegen ein solcher Theil beim Glühen hartnäckig seine schwarze Färbung, hält die Asche fest zusammen, zeigt ein glasartiges Aussehen und erscheint bei durchfallendem Lichte ungefärbt, so darf man mit grosser Wahrscheinlichkeit auf das Vorhandensein eines Kieselskelettes schliessen.

3. Gang der Beobachtung.

Der in entsprechender Weise zur Beobachtung hergerichtete Gegenstand wird je nach seiner Beschaffenheit entweder trocken, oder, was am häufigsten vorkommt, von einer Flüssigkeit umgeben unter das Mikroskop gebracht.

Im ersten Falle legt man ihn einfach auf den Objectträger und trägt Sorge dafür, dass er vollkommen in einer Ebene ausgebreitet erscheint. Bei manchen, namentlich zarteren Gegenständen gelingt die Ausbreitung leicht mittelst der Präparirnadel oder mittelst des Pinsels und hat man nur darauf zu achten, dass das Präparat bei dieser Operation keinen grösseren Druck erleidet, als gerade erforderlich ist, um es auszubreiten, oder dass es gar zerrissen wird. Schwieriger lassen sich solche Objecte ebenen, welche die Neigung besitzen, sich zu rollen. Hier muss mittelst einer flachen Nadel oder eines anderen flachen Gegenstandes oft schon ein etwas stärkerer Druck ausgeübt und hierauf das Präparat mit einem passenden Deckglas bedeckt werden, um es in seiner Lage zu erhalten. Nach einem vorsichtig ausgeübten Drucke auf das letztere wird ersteres in der Regel in der gewünschten Lage verharren. Sollte diese Manipulation jedoch noch nicht ausreichen, so kann man sich, falls man einen solchen besitzt, des Quetschers bedienen, um das Präparat in der Ebene ausgebreitet zu erhalten. In anderm Falle bringt man eine halbweiche, klebende Masse zwischen Deckglas und Objectträger, wodurch ersteres und damit das Object festgehalten wird. Immer aber ist die Beschaffenheit des Gegenstandes genau ins Auge zu fassen und sorgfältig darauf zu achten, dass der Druck nicht so stark wirkt, dass eine Störung der Structurverhältnisse oder des Inhaltes der Zellen und Gewebe hervorgerufen wird.

Bei den meisten organischen Objecten wird es vortheilhafter sein, ihre Beobachtung vorzunehmen, während dieselben von einer Flüssigkeit umhüllt sind, da sie auf diese Weise an Durchsichtigkeit gewinnen und ihre Structurverhältnisse deutlicher hervortreten. Welche Zusatzflüssigkeit anzuwenden sei, hängt von der Beschaffenheit des betreffenden Gegenstandes ab. Zur Untersuchung von festeren Pflanzengeweben wird in der Regel Wasser benutzt. Für die Einhüllung zarter vegetabilischer und thierischer Präparate dagegen hat man sich mehr indifferenter Flüssigkeiten zu bedienen, welche keinerlei Störungen in dem Inhalte und der Form der Elementarorgane hervorringen und welche, soweit sie hier in Betracht kommen, schon weiter oben erörtert worden sind.

Solche Gegenstände, welche man durchsichtiger zu machen wünscht, als dies in Wasser der Fall sein würde, muss man mit Flüssigkeiten umgeben, welche das Licht stärker brechen, als dieses. Glycerin, Eiweiss, Zuckerlösung, sowie die Lösungen mancher Salze, eignen sich vorzugsweise für Objecte im frischen Zustande, während für trockene Gegenstände fette und flüchtige Oele, Terpentin, Canadabalsam in Anwendung zu bringen sind.

Die Zusatzflüssigkeit hat indessen auch noch eine andere Bedeutung als die eben geschilderte. Die geschickte Wahl derselben und der Wechsel mit verschieden brechenden für ein und dasselbe Object geben oft gute Anhaltspunkte für die Erkenntniss mancher Structurverhältnisse, worauf wir später zurückkommen werden.

Hat man sich für die entsprechende Zusatzflüssigkeit entschieden, wofür wie gesagt, die Beschaffenheit des Untersuchungsobjectes die Anhaltspunkte gewähren muss und worüber der specielle Theil das Nähere beizubringen hat, so bringt man einen Tropfen davon auf den Objectträger und legt das Präparat sorgfältig hinein, indem man dasselbe, wo es nöthig ist, mittelst der Nadel möglichst eben auszubreiten sucht. Beim Gebrauche schwacher Objective, welche einen so grossen Abstand haben, dass sie nicht von der verdunstenden Flüssigkeit beschlagen, oder bei denen man nicht zu befürchten braucht, dass sie durch Berührung der letzteren beschmutzt werdsn könnten, mag man den Gegenstand, falls man nicht ein Mittel anwendet, dessen Dämpfe das Glas der Linsen angreifen, unbedeckt unter das Mikroskop bringen. Bei stärkeren Objectiven dagegen, oder wenn man ätzende Zusatzflüssigkeiten verwendet, erfordert das Präparat eine Bedeckung mittelst eines Deckgläschens. Das letztere legt man möglichst vorsichtig auf, um das Präparat nicht aus der Mitte des Tropfens nach dem Rande hin zu drängen. Etwa unter den Rändern des Deckglases hervortretende überschüssige Flüssigkeiten nimmt man am besten mittelst reinen, weichen Fliesspapiers oder mittelst des Pinsels hinweg, um deren Ueberfliessen auf die obere Fläche zu verhindern. Bei der Wahl des Deckglases muss man sich theils nach der Beschaffenheit des zu beobachtenden Gegenstandes, theils nach dem Abstande der zu gebrauchenden Objectivsysteme und dem Einflusse richten, welchen die Dicke des ersteren auf die Deutlichkeit und Schärfe des Bildes ausübt.

Bei zarten Objecten, welche selbst unter einem geringen Drucke leiden könnten, wird man ein dickes Deckglas sorgfältig umgehen müssen. Ebenso ist ein solches stets zu vermeiden, wenn man mit Objectivsystemen von geringem Abstande arbeitet. Denn, vorausgesetzt auch, dass dessen Stärke keinen nachtheiligen Einfluss auf das Bild übte, könnte man bei der Einstellung dasselbe leicht berühren, allenfalls zertrümmern, und dadurch möglicherweise der vorderen Linse schaden, jedenfalls aber das Präparat durch den ausgeübten Druck verderben. Da bei den meisten Instrumenten die schwächeren Objectivsysteme gegen die Deckglasdicke nicht so empfindlich sind, dass ein zu dünnes Deckglas dem Bilde wesent-

lich schadet, so wird man am besten thun, für solche Präparate, bei denen voraussichtlich eine Steigerung der Objectivvergrösserung nothwendig wird, gleich ein passendes, dünnes Deckglas zu benutzen, um nicht zum Wechseln mit denselben veranlasst zu werden. Wo für die starken Objectivsysteme eines Instrumentes eine bestimmte Deckglasdicke vorgeschrieben ist, da halte man unbedingt an derselben fest, und habe, um für diesen Fall bei der Beobachtung nicht jedesmal durch das Messen der Dicke Zeit zu verlieren, immer sorgfältig sortirte Gläschen bereit.

Verwendung des optischen Apparates.

Das von der entsprechenden Flüssigkeit umgebene und bedeckte Object legt man unter das Mikroskop und sucht ihm vorläufig die annähernd richtige Lage möglichst in der optischen Achse zu geben. Dann bringt man das Auge über das Ocular, rückt das Präparat in die Mitte des Gesichtsfeldes und richtet sein Augenmerk zunächst auf die entsprechende Beleuchtung desselben.

Beleuchtung der Objecte. — Die Beleuchtung der Objecte muss je nach deren Beschaffenheit eine verschiedene sein, indem manche Gegenstände nur für auffallendes, andere nur für durchfallendes Licht geeignet sind.

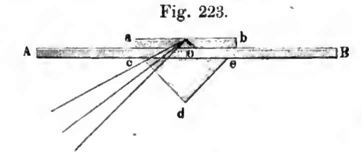
Arbeitet man mit auffallendem Lichte, so ist es gut, das Mikroskop nahe an das Fenster zu bringen, um dem Objecte die möglich grösste Lichtmenge zuzuführen. Helles Tageslicht ist in der Regel für diese Beobachtungsweise vollkommen ausreichend und braucht man höchstens in Ausnahmefällen seine Zuflucht zu directem Sonnenlichte zu nehmen. Alles von dem Spiegel kommende Licht muss bei dieser Beleuchtungsweise von dem Objecte abgeschnitten werden. Hier und da wird es genügen, dem Spiegel eine solche Stellung zu geben, dass derselbe kein Licht nach dem Objecttische reflectirt. Wo dies indessen nicht ausreicht, da bedeckt man die Oeffnung des letzteren mittelst einer undurchsichtigen Platte, die in der Regel geschwärzt ist, bei dunklen Gegenständen dagegen auch matt weiss angestrichen sein kann.

Für die allerschwächsten Vergrösserungen genügt das einfache Tageslicht zur Beleuchtung, während bei stärkeren Vergrösserungen eine besondere, planconvexe Beleuchtungslinse verwendet wird, welche entweder auf einem eigenen Stative ruht, oder an dem Mikroskopkörper befestigt werden kann. Man richtet dieselbe beim Gebrauche so, dass sie die auf ihre vordere Fläche fallenden Lichtstrahlen gerade auf dem Objecte vereinigt und dieses die stärkste zu erreichende Beleuchtung erhält. Verlangt das zu beobachtende Präparat eine mehr als 200- bis 300fache Vergrösserung, so ist man in der Anwendung der Beleuchtungslinse beschränkt, da der Lichtkegel, welcher von ihr ausgeht, dann nicht mehr zwischen der Fassung der Objectivsysteme durchgehen und nach dem Objecte gelangen kann. In solchen Fällen muss man zu dem Lieberkühn'schen Spiegel greifen, über dessen Verwendung schon in dem sechsten Abschnitte das Erforderliche beigebracht worden ist. Hier ist nur dar-

auf hinzuweisen, dass die allseitig auf das Object treffenden Lichtstrahlen eine Beleuchtungsweise bewirken, welche nur für einzelne Gegenstände passend erscheint, und vorzugsweise da anzuwenden ist, wo man sich eine nette Gesammtansicht kleiner Objecte zu verschaffen sucht. Die Beleuchtung der Oberfläche wird nämlich eine fast in allen Theilen gleichmässige und dadurch der Unterschied zwischen Licht- und Schattenseite aufgehoben. Wo man daher Oberflächenstructuren und dergleichen zu untersuchen hat, wird man sich besser zu einer passend regulirten Seitenbeleuchtung wenden.

Einige andere Beleuchtungsweisen, die mit den vorbeschriebenen Aehnlichkeit haben, und sich für manche Gegenstände ganz zweckmässig erweisen dürften, wurden ursprünglich von England aus empfohlen. So z. B. empfiehlt Wenham, die vermittelst eines rechtwinkligen Prismas bewirkte vollständige Zurückwerfung der von der Lichtquelle kommenden Strahlen an der oberen Fläche des Deckglases zu benutzen, um hellleuchtende Bilder auf dunklem Hintergrunde zu erhalten. Diese Beleuchtungsweise eignet sich nur für kleine Gegenstände, Diatomeenschalen, Schmetterlingsschuppen, und soll dann sehr gute Dienste leisten. Ist z. B. *AB* (Fig. 223) das Objectglas, an dessen untere Seite vermittelst Canadabalsams das rechtwinklige Prisma *cde* angekittet ist, *o* ein kleiner Gegenstand, der von Terpentinöl oder Canadabalsam umgeben ist, und *ab* das Deckglas, so verfolgt ein senkrecht auf die Kathete *cd* des Prismas treffendes Strahlenbündel, da alle Theile des ganzen durchsichtigen Apparates vom Prisma bis zum Deckglase einen annähernd gleichen Brechungsexponenten haben, seinen Weg bis zur oberen Fläche des letzteren und erleidet dort eine vollständige Zurückwerfung, ohne dass irgend Licht von dem Beleuchtungsapparate aus zu dem Objectivsysteme gelangen könnte.

Fig. 223.



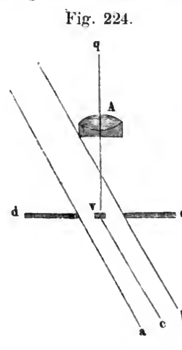
Das Gesichtsfeld des Mikroskopes erscheint somit vollkommen dunkel und das kleine Object, je nach seiner Fähigkeit das Licht zurückzuwerfen, mehr oder minder stark leuchtend.

Eine andere Beleuchtungsweise, welche gleichsam die Mitte hält zwischen der mittelst durchgehenden und jener mittelst auffallenden Lichtes, wurde zuerst von Reade angewendet und später von Carpenter (*The microscope* V. Aufl. p. 123 u. f.) für die Beobachtung durchsichtiger Gegenstände empfohlen.

Bei schwacher Vergrösserung benutzt man zur Erzielung dieser Beleuchtung den gewöhnlichen Spiegel des Mikroskopes, welchem man eine so weit aus der Achse gerückte Stellung gibt, dass von den in sehr schiefer Richtung einfallenden Strahlen nur jene, welche von unten und von der Seite her durch das Object gehen, vermöge der an seinen Seiten, wie im Innern erlittenen Zurückwerfungen und Brechungen auf das Objectiv

treffen, jene aber, welche an dem Objecte vorbeigehen, nicht in das Mikroskop gelangen können (Fig. 224). Für etwas stärkere Vergrösserungen, die mittelst Objectivsystemen von 4 bis 6 Millimeter Brennweite und mässigem Oeffnungswinkel erzielt werden, reicht diese Veranstaltung indessen nicht mehr aus. Hier eignet sich dagegen für diese Art der Beleuchtung recht gut die weiter oben besprochene planconvexe Beleuchtungslinse in Verbindung mit den scheibenförmigen, den grössten Theil der Achsenstrahlen abschneidenden Blendungen oder ein abgestumpfter Glaskegel, dessen kleinere geschwärzte Grundfläche nach unten gewendet ist, indem dabei nur die ganz am Rande durchgehenden Strahlen stark convergirend auf das Object treffen und soweit sie an diesem vorbeigehen, für das Mikroskop verloren sind. Man kann so noch ganz gut bei 300- bis 400fachen Vergrösserungen beobachten, das Gesichtsfeld bleibt fast vollständig dunkel und man erblickt den Gegenstand gleichsam selbstleuchtend auf schwarzem Grunde. Diese Beleuchtungsweise gewährt für manche Gegenstände ganz reizende Bilder. Ausserdem zeichnet sie sich dadurch aus, dass bei ihr Einzelnheiten zu erkennen sind, die man mittelst so schwacher Objectivsysteme bei durchfallendem Lichte vergeblich sucht. So z. B. sehe ich mittelst des Objectives 4 von Hartnack und Ocular 4 sehr gut die Zeichnung auf dem in Balsam liegenden Pleurosigma attenuatum, ebenso auf dem schwierigeren trocken eingelegten Pl. angulatum. Auch für organische Objecte dürfte dieselbe hier und da Vortheile bieten. So liefern z. B. zarte Durchschnitte geschichteter Zellen sehr instructive Ansichten, welche mit den unter dem Polarisationsmikroskope erhaltenen Aehnlichkeit haben. Dickere Schnitte gewähren nur undeutliche Ansichten. Wird diese Beleuchtungsweise auch immerhin eine beschränkte bleiben, so dürfte es sich doch lohnen, dieselbe vorkommenden Falles zu versuchen und nicht ganz unbeachtet zu lassen.

Fig. 224.



Von grosser Wichtigkeit erscheint die Regulirung der Beleuchtung bei Beobachtungen mittelst durchfallenden Lichtes.

Was zunächst die von verschiedenen Mikrographen empfohlenen Lichtquellen betrifft, so kann ich zufolge langjähriger Erfahrung mich dahin aussprechen, dass, einzelne Fälle abgerechnet, für eine tüchtige wissenschaftliche Beobachtung einzig und allein das Tageslicht geeignet ist. Man hat in dieser Beziehung vielfach hin und her gestritten, ob weisses Wolkenlicht, das Licht, welches von einer weissen Wand reflectirt wird, oder endlich das Licht eines unbedeckten blauen Himmels günstiger wirke. Alle diese Streitereien aber führen zu keinem Ziele, indem man eben doch meistens genöthigt sein wird, das Licht so zu verwerthen, wie es zu Gebote steht, und nur einzelne Beobachtungen zurückstellen kann, bis eine gewünschte

Beleuchtung eintritt. Dass ein aschgrau bezogener Himmel der mikroskopischen Beobachtung nicht günstig ist, steht allerdings fest. Allein selbst ein solcher wird nicht gänzlich eine wissenschaftliche Beobachtung hindern. Für die feineren Untersuchungen ist ein gleichmässig und hell bezogener, gleichsam dünn verschleierter Himmel am günstigsten und eignet sich hierzu weit weniger ein unterbrochen bewölkter oder ganz klarer blauer Himmel. Von H. v. Mohl wird zwar gerade das blaue Himmelslicht als das allergünstigste genannt. Ich kann aber in dieser Beziehung ebensowenig, als andere Mikroskopiker mit diesem Forscher übereinstimmen, und finde gerade bei dieser Beleuchtung das Bild weit weniger scharf und schön, als selbst bei nicht zu dunkel bewölktem Himmel. Der Grund, warum das von einem blauen Himmel zurückgeworfene Licht weniger geeignet ist, soll nach Brücke darauf beruhen, dass die organischen Körper nicht ganz frei von innerer Farbenzerstreuung sind und dass sie demzufolge bei durchgehendem Lichte, welches ein Uebergewicht von stark brechbaren Strahlen besitzt, wie dies bei dem blauen Himmelslichte der Fall ist, selbst leuchtend werden, wodurch die Deutlichkeit des negativen Netzhautbildes abnimmt. Um diese nachtheilige Eigenschaft zu beseitigen, wurde vom genannten Forscher (Bericht der K. K. Akademie, Bd. 21, Heft 2, 1856) der Gebrauch eines 2 bis 3 Millimeter dicken Objectträgers aus Uranglas empfohlen, weil dieses im Stande sei, die violetten und blauen Strahlen für das Auge theilweise wegzunehmen, theilweise in Strahlen von längerer Schwingungsdauer, d. h. von geringerer Brechbarkeit zu verwandeln. Ich habe einen solchen Objectträger verschiedentlich versucht, konnte mich aber bis jetzt von einem besonderen Vortheile nicht überzeugen; ich finde viel eher einen Nachtheil darin, dass er bei den feinen Cylinderblenden das Licht schmälert, indem er vermöge seiner Dicke das Object zu weit über die Blendungsöffnung hebt.

Die Beleuchtung mittelst monochromatischen Lichtes, welche namentlich von Brewster empfohlen wurde, um die Farbenabweichung gänzlich zu beseitigen, ist theoretisch unbestreitbar richtig; allein sie entbehrt für den praktischen Beobachter allen Vortheiles, da, abgesehen von allem anderen, bis jetzt kein Mittel gefunden worden ist, ihr eine solche Stärke zu verleihen, dass man mittelst derselben auch nur bei mittelstarken Objectivsystemen eine ausreichende Beobachtung ausführen könnte.

Von weit grösserer Bedeutung für die mikroskopische Forschung ist die Anwendung des polarisirten Lichtes, und werden wir demselben in einem der folgenden Abschnitte eine eingehendere Betrachtung widmen. Es bleibt uns sonach für den gegenwärtigen Abschnitt nur übrig, die Behandlung der gewöhnlichen Beleuchtung näher zu erörtern.

Bei Beobachtungen mittelst schwacher Objectivsysteme bedient man sich am zweckmässigsten des ebenen Spiegels, weil dabei das Gesichtsfeld nicht so übermässig stark beleuchtet und ein schärferes Bild erhalten wird wie bei dem Gebrauche des Hohlspiegels. Letzterer ist dagegen bei dem Gebrauche der stärkeren Objectivsysteme am Platze. Oft kann

aber auch bei diesen der ebene Spiegel mit Vortheil verwendet werden, namentlich wenn dieselben eine hinreichende Lichtstärke besitzen.

Das nächste Ziel, welches man zu erreichen suchen muss, ist das, eine möglichst gleichmässige Beleuchtung des ganzen Gesichtsfeldes zu erlangen und namentlich eine einseitige Erhellung desselben zu vermeiden. Eine stärkere Beleuchtung der Mitte des Gesichtsfeldes als der Ränder ist indessen in manchen Fällen nicht nur nicht schädlich, sondern sogar wünschenswerth, weil dadurch bei stärkeren Vergrösserungen mehr Licht auf den Gegenstand concentrirt und der Gegensatz zwischen dem erleuchteten Theile des Gesichtsfeldes und dem negativen Netzhautbilde verstärkt wird. Nächstdem ist der Einfluss des von der Seite einfallenden Lichtes auf das Object möglichst zu vermeiden, weil dadurch nicht selten Undeutlichkeiten in dem Bilde veranlasst werden. Wenn bei den stärkeren Objectivsystemen schon deren kurzer Abstand von der Oberfläche des Deckglases das Einfallen seitlichen Lichtes hindert und Vorsichtsmaassregeln in dieser Beziehung weniger nöthig macht, so werden diese bei schwächeren, weit abstehenden Objectiven dagegen um so nothwendiger. Am einfachsten hilft man sich durch einen innen geschwärzten Ring von Pappe, welcher den Gegenstand umgibt, ohne das Mikroskoprohr und den Objectträger in ihren Bewegungen zu behindern. Ein einfacher schwarzer, vor dem Mikroskope aufgestellter Schirm genügt indessen auch schon und kann zugleich dazu dienen, das störende Licht von dem Auge abzuhalten, was oftmals wünschenswerth ist und sich auch durch Beschatten mittelst der linken Hand erreichen lässt.

Von der höchsten Wichtigkeit ist die Moderation des Lichtes, welche sich nach der Beschaffenheit des zu beobachtenden Gegenstandes richten muss. Gerade hierin liegt eines der bedeutsamsten Hilfsmittel, um sich in überzeugender Weise über feinere Structurverhältnisse zu unterrichten und ist von ihrer geschickten Benutzung der Erfolg einer Beobachtung oft in nicht geringem Grade abhängig. Wie schon an früherer Stelle erwähnt, eignen sich zu diesem Zwecke die versenkbaren Cylinderblendungen am besten, weil mittelst derselben so feine Unterschiede in der Beleuchtung zu erzielen sind, wie man sie durch keine andere Blendungsvorrichtung zu erreichen im Stande ist.

Ueber die Stärke der Beleuchtung lassen sich allgemeine Vorschriften kaum geben. Es hängt dieselbe vorzugsweise von der inneren Beschaffenheit des Gegenstandes ab. Je zarter dieser ist und je schwieriger die zu erforschenden Structurverhältnisse sind, um so mehr Sorgfalt hat man auf die Moderation der Beleuchtung zu verwenden, und zwar wird man im Allgemeinen am sichersten bei etwas abgedämpftem Lichte zum Ziele kommen. Je weniger Durchsichtigkeit dagegen das Object besitzt, desto mehr muss in der Regel die Erhellung gesteigert und das Licht durch Verwendung geeigneter Blendungen auf dem Objecte oder den der Durchforschung unterworfenen Theilen desselben concentrirt werden.

Für manche Structurverhältnisse, namentlich solche, die blos der

Oberfläche des Gegenstandes angehören, ferner für die Entscheidung der Fragen, ob eine organische Membran eine homogene oder körnige Structur besitze, ob sehr kleine organische Körperchen, Bläschen oder Körnchen, Röhrchen oder solide Fasern seien, ist die Richtung der auf das Object treffenden Lichtbüschel oft von grosser Bedeutung für die Sicherheit der Beurtheilung. Hat man daher einen Gegenstand bei centralem Lichteinfall auf das Genauste untersucht und es bleiben auch dann noch Einzelnheiten der Structurverhältnisse zweifelhaft, so schreite man zur Anwendung der excentrischen Beleuchtung. Hierbei sucht man zunächst die möglichst beste, der Beschaffenheit des Gegenstandes entsprechende Wirkung dadurch zu erzielen, dass man dem Spiegel verschiedene Stellungen ausserhalb der Achse des Instrumentes gibt, also das Licht unter möglichst verschiedenen Neigungswinkeln auf das Object leitet. Dann ist in Beziehung auf die Dimensionen des zu beobachtenden Gegenstandes ein möglichst umfassender Wechsel in der Richtung der einfallenden schiefen Lichtstrahlen zu erstreben, indem man jenen entweder mit der blossen Hand in die erforderlichen Stellungen bringt, oder, wo der Tisch drehbar ist, diesen in dem entsprechenden Grade um seine Achse bewegt. Die äussere Configuration sowie die innere Beschaffenheit des Gegenstandes wird, wie bei der Neigung, so auch hier für die richtigen Modificationen den Hauptmaassstab abgeben müssen. Bei manchen Körpern und Präparaten wird man gut thun, die volle Umdrehung zu durchlaufen, um sich eine möglichst vielseitige Ansicht zu verschaffen. Bei anderen, wo man streifenartige Erhöhungen und Vertiefungen, Linien und dergleichen zur vollen Anschauung bringen will, wird man das schiefe Licht unter rechtem Winkel gegen deren Verlauf nach dem Objecte zu lenken und ausserdem sogar die Seite zu berücksichtigen haben, von der aus man das Licht werfen muss, um ein möglichst scharfes und deutliches Netzhautbild zu erhalten *). Dem Anfänger ist es daher auf das Angelegentlichste zu empfehlen, sich an passenden Objecten, wozu namentlich die schwierigeren Diatomeenschalen gehören, mit der Anwendung und Wirkungsweise der schiefen Beleuchtung vertraut zu machen. In welchen Fällen er von derselben bei seinen Untersuchungen mit Vortheil Gebrauch machen kann, muss die Erfahrung lehren, und werden ihm die speciellen Theile dieses Werkes die nöthigen Fingerzeige geben.

Die Bedeutung der schiefen Beleuchtung wird von manchen Mikroskopikern überschätzt, indem sie von derselben Aufklärungen erwarten, welche sie durchaus nicht zu geben im Stande ist. Ja ich habe Einzelne kennen gelernt, welche sie der centralen Beleuchtung voranstellen möchten. Ich verkenne zwar deren Bedeutung durchaus nicht, bin aber ebensowenig geneigt, dieselbe zu hoch anzuschlagen und muss mich für die centrale, als für die in den weitaus meisten Fällen normale Beleuchtungsweise entscheiden.

---

*) Bei den schwierigeren Probeobjecten erkenne ich die Structurverhältnisse am besten, wenn das schiefe Licht von der dem Fenster gegenüberstehenden Seite — von hinten — einfällt.

Die Wirkung dieser Beleuchtungsweise beruht darin, dass sie den Unterschied zwischen den positiven und negativen Gesichtseindrücken steigert, denn indem durch den geänderten Einfall der Lichtstrahlen deren Ablenkungsverhältnisse innerhalb oder an der Oberfläche des Objectes geändert werden, ist sie im Stande, da, wo die gerade Beleuchtung nur Halbschattenbildchen hervorbringt, weit intensivere, dem Kernschatten ähnliche Schattenbildchen zu erzeugen, oder den, den Lichtpartieen gegenüber zu umfangarmen dunklen Theilen des Objectes eine grössere Ausdehnung zu geben, so dass nun zwischen negativen und positiven Gesichtseindrücken diejenige Differenz an Ausdehnung und Stärke eintritt, welche ihre Wahrnehmbarkeit bedingt. Dass hier aber auch des Guten zu viel geschehen kann, wird leicht ersichtlich, wenn man bedenkt, dass es eben auch möglich ist, mittelst der schiefen Beleuchtung den dunklen Stellen eine solche Ausdehnung zu geben, dass neben ihnen die beleuchteten Theile gleichsam für das Auge verschwinden. Man wird daher den oben ertheilten Rath, sich mit der Anwendung dieser Beleuchtungsart aufs Genauste vertraut zu machen, gewiss gerechtfertigt finden.

In gewissem Sinne erreicht man mittelst schiefer Beleuchtung dasselbe Resultat, wie mittelst grossen Oeffnungswinkels, nur geschieht es in verschiedener Weise. Während jene die negativen Gesichtseindrücke steigert, oder die Ausdehnung der positiven und negativen Netzhautbilder vergrössert, bringt dieser die leuchtenden Stellen in das richtige Verhältniss zu den schattenähnlichen. Daraus geht aber hervor, dass schiefe Beleuchtung nicht in allen Fällen den grossen Oeffnungswinkel zu ersetzen vermag und dass dieselbe auch beim Vorhandensein des letzteren noch wirksam werden kann.

Wahl der Vergrösserung. — Was die Wahl der Vergrösserung betrifft, bei der man eine Untersuchung vorzunehmen hat, so ist im Allgemeinen die Regel festzuhalten, dass man sich von dem betreffenden Objecte vorerst bei einer schwachen, je nach Umständen 30- bis 50fachen Vergrösserung, welche ein hinreichend grosses Gesichtsfeld bietet, um ersteres ganz übersehen zu können, einen Totalanblick verschafft und die näher zu durchforschenden Stellen aussucht. Dann erst schreitet man allmälig zu den stärkeren Vergrösserungen fort, mittelst deren die feineren Einzelnheiten der Structurverhältnisse zur Anschauung gebracht werden. Man gewinnt durch dieses Verfahren nicht nur an Sicherheit der Beobachtung, sondern auch an Zeit, weil man bei dem minder beschränkten Gesichtsfelde der schwachen Vergrösserungen leichter den Theil des Objectes herausfindet, der über die in Frage kommenden Structurverhältnisse die gewünschte Auskunft gibt, und nicht erst bei beschränktem Gesichtsfelde, das nur die Uebersicht über einzelne kleine Theile gewährt, lange darnach zu suchen braucht. Das Maass der Vergrösserung, welches bei einer bestimmten Beobachtung anzuwenden ist, wird durch die Beschaffenheit des Objectes vorgeschrieben, und lassen sich darüber keine umfassendere Vorschriften geben. Im Allgemeinen wird man die

schwächeren Vergrösserungen überall da anwenden, wo man sich mehr mit dem Studium des Gesammtbaues eines Organes als mit der Structur einzelner Elementarorgane befasst, wo es mehr eine körperliche, als eine flächenhafte Ansicht zu gewinnen gilt, während sich für die feineren Structuren die stärkeren Vergrösserungen eignen, die absolut nur ein richtiges und scharfes Bild von den in einer Ebene liegenden Structurverhältnissen gewähren. Massenhaftere, minder durchsichtige Präparate verlangen schwache Vergrösserungen, während zartere, hinreichend durchsichtig hergestellte auch die stärkeren Vergrösserungen vertragen. Aber auch bei solchen Präparaten, bei denen es die feineren Organisationsverhältnisse zu erforschen gilt, mache man es sich zur Regel, immer die schwächsten Vergrösserungen anzuwenden, die zum Ziele führen, und steigere für die eigentliche Beobachtung die Vergrösserung nie über das nöthige Maass. Es ist ein Vorurtheil, zu meinen, dass man im Allgemeinen um so mehr sähe, je stärker man vergrössere. Im Gegentheil; mit den stärkeren Vergrösserungen steigern sich alle auf das Bild übertragenen Fehler des optischen Apparates und es verliert dasselbe an Bestimmtheit und Schärfe. Nur mittelst der besten neueren Systeme kann man ohne Nachtheil zu sehr starken Vergrösserungen schreiten. Es erfordern diese letzteren dann aber auch eine Zartheit der Präparation, welche nur der sehr geübte Beobachter zu erreichen im Stande ist.

Zur Zeichnung kleinerer Gegenstände und feiner Structurverhältnisse ist es allerdings häufig wünschenswerth, stärkere Vergrösserungen zu benutzen, und ist auch, wenn einmal der Thatbestand der Beobachtung sicher festgestellt ist, von denselben kein Nachtheil zu befürchten.

Um die gewünschten Vergrösserungen zu erreichen, stehen dem Mikroskopiker zwei Wege zu Gebot. Er kann dieselben entweder mittelst Wechsels der Objectivsysteme erzielen, indem er einem solchen von grösserer Brennweite ein solches von geringerem Focalabstand substituirt, oder er wendet zu gleichem Zwecke stärkere, das von dem Objectivsysteme entworfene Bild vergrössernde Oculare an. Das in dem zweiten Abschnitte über die Wirkungsweise dieser beiden Theile des optischen Apparates Gesagte gibt in dieser Beziehung die allgemeine Richtschnur an. Es geht daraus hervor, dass man überall da, wo man das optische Vermögen des Instrumentes entschieden zu erhöhen wünscht, eine Steigerung der Vergrösserung, so weit dies möglich ist, durch Anwendung stärkerer Objectivsysteme zu erreichen suchen müsse, und erst dann zu stärkeren Ocularen seine Zuflucht nehmen dürfe, wenn bereits die stärksten Objectivvergrösserungen erreicht sind und eine noch weitergehende Steigerung nöthig oder wünschenswerth erscheint. Wo das Licht bei der Verwendung schwacher Oculare zu intensiv ist, da helfe man sich lieber durch zweckmässige Abblendung, als dass man zu sehr starken Ocularen greift.

Nun stehen aber solche Reihen von Objectiysystemen, die einen derartigen Wechsel gestatten, eben nicht Jedem zu Gebote, und muss man sich in solchem Falle allerdings mit der Anwendung stärkerer Oculare helfen.

Der Gebrauch der letzteren ist indessen auch nicht so ganz und unbedingt zu verwerfen, wie dies von mancher Seite geschieht. Wenn nur die Objectivsysteme die erforderliche Vollendung besitzen, wenn dieselben hinreichend lichtstark und die beiden Abweichungen gut verbessert sind, dann lässt sich auch durch verstärkte Ocularvergrösserung Manches erreichen und es können noch feinere Einzelheiten aufgehellt werden, die der schwächeren Vergrösserung halber nicht ganz klar hervorgetreten waren. Wo aber die Objectivsysteme nicht den erforderlichen Grad der Vollkommenheit besitzen, wo dieselben an Lichtstärke Mangel leiden und ihnen noch Fehler, namentlich der sphärischen Abweichung, anhaften, da ist eine Steigerung der Vergrösserung durch das Ocular entschieden zu widerrathen. Nächst der Beschaffenheit der Objectivsysteme kommt bei dieser Frage aber auch die Construction der Oculare selbst in Betracht. Je mehr Sorgfalt von Seiten des betreffenden Optikers auf das Zusammenwirken der beiden Factoren zur Darstellung des mikroskopischen Bildes verwendet worden ist, desto unumschränkter darf man sich stärkerer Ocularvergrösserungen bedienen. Ich habe in dieser Beziehung namentlich die orthoskopischen Oculare von Belthle für zweckmässig befunden und es können dieselben noch bis zu den stärksten Vergrösserungen recht gut gebraucht werden. Auch die Oculare von Hartnack, Schröder, Merz und Zeiss sind sehr sorgfältig mit den Objectivsystemen in Uebereinstimmung gebracht.

Häufig kann man da, wo das Bild bei stärkerer Ocularvergrösserung etwas gelitten hat, durch Veränderung der Entfernung zwischen Objectivsystem und Ocular manche kleine Fehler heben. Freilich muss zu dem Ende das Rohr verkürzbar sein, was nicht bei allen Instrumenten der Fall ist.

Bei der Beleuchtung mittelst auffallenden Lichtes, wobei die Grenzen der Vergrösserungen überhaupt weit enger gezogen sind, als bei der Beleuchtung mittelst durchgehenden Lichtes, lässt sich schon aus dem Grunde, weil Objectivsysteme von geringer Brennweite dem Objecte zu sehr genähert werden müssen, als dass es noch hinreichend kräftig beleuchtet werden könnte, obige Regel nicht durchweg anwenden. Man wird sich hier nicht selten an die Vergrösserung des Bildes mittelst stärkerer Oculare halten müssen. Uebrigens ist hier auch weit weniger für die Schärfe der Beobachtung zu fürchten, weil es sich bei dieser Art von Untersuchungen wohl kaum um sehr schwierig zu erkennende und zu beurtheilende Organisationsverhältnisse handelt.

Wechsel der Einstellung. — Die richtige Behandlung der Einstellung ist für die Beurtheilung der meisten Structurverhältnisse von erheblicher Bedeutung, indem es in den meisten Fällen bei einer mikroskopischen Beobachtung nicht ausreichend ist, das betreffende Präparat so einzustellen, dass man von demselben eben nur im Allgemeinen ein deutliches scharfes Bild erhält. In der Regel ist es

kaum möglich, einen Schnitt so anzufertigen, dass alle die Structurverhältnisse, welche zu untersuchen sind, sich in einer Fläche concentrirt finden. Nun gibt aber das Mikroskop, namentlich wenn stärkere Objectivvergrösserungen zur Anwendung kommen, bekanntlich immer nur ein deutliches Bild von dem, was in einer und derselben Ebene liegt. Man muss sonach den Gegenstand so zu sagen in verschiedenen Tiefen durchsuchen, um sich eine genaue Anschauung seines Baues zu verschaffen. Hierzu aber bietet der geschickte Gebrauch der Einstellung das einzige Mittel, obgleich auch ihr gewisse Grenzen gesteckt sind, die je nach der Form der betreffenden Objecte und der Brennweite des gebrauchten Objectivsystemes mehr oder minder enge werden. Die feine Einstellung, die keinem brauchbaren Mikroskope fehlen darf, ist in den Händen des geübten Beobachters eines der wichtigsten Hilfsmittel, um eine möglichst vielseitige Anschauung des zu untersuchenden Objectes zu gewinnen. Mittelst einer stetigen Anwendung derselben ist es möglich, ähnlich wie wir es mittelst des blossen Auges zu thun gewohnt sind, nach und nach verschiedene Schichten des Präparates zu durchdringen und ihr gegenseitiges Verhältniss zueinander, ihre gegenseitige Verbindung untereinander zu erkennen. Der erfahrene Beobachter wird daher, mag der Gegenstand seiner Beobachtung von irgend einer Beschaffenheit sein, beständig seine Hand an der Schraube für die feine Einstellung haben, auf das Sorgfältigste die Aenderung verfolgen, welche der stete Wechsel derselben in der Gestaltung des Bildes hervorbringt, und sich erst dann befriedigt finden, wenn er das Object nicht nur über seine ganzen Oberfläche, sondern auch seiner ganzen Tiefe nach durchforscht hat.

Was bei körperlichen Gegenständen die in verschiedenen Richtungen geführten Durchschnitte oft nicht ganz aufzuhellen vermögen, das wird häufig durch einen geschickten Gebrauch der feinen Einstellung klar. Bei den unregelmässig polyëdrischen Formen der Pflanzenzellen z. B. gelingt es nur durch die Combination der bei wechselnder Einstellung stetig aufeinander folgenden Durchschnittsansichten, sich ein deutliches Bild von denselben zu verschaffen, an dessen Construction die combinirende Einbildungskraft den möglichst geringen Antheil hat, das also der Natur am vollkommensten entspricht.

Ganz ähnlich gestaltet sich das Verhältniss, wo es sich um die Entscheidung handelt, welche von den, in verschiedenen Formen abgelagerten Verdickungsschichten, als Streifen erscheinenden verdünnten Stellen, namentlich vegetabilischer Membranen, dem inneren oder äusseren Theile der letzteren angehört. Freilich wird hier eine passende Schnittrichtung auch das Ihre thun müssen, aber es bleibt immer noch dem Wechsel der Einstellung ein und das andere zur Aufhellung übrig, und muss dieselbe gerade in diesen Fällen mit der grössten Sorgfalt angewendet werden.

Nicht selten entsteht auch die Frage, welche relative Lage verschiedene Elementarorgane ein und desselben Präparates gegeneinander haben, ob das eine über oder unter dem andern liegt. Hier kann aber in

den meisten Fällen nur der geschickte Gebrauch der feinen Einstellung sichere Anhaltspunkte liefern.

Ermittlung der Reliefverhältnisse. — Von grosser Wichtigkeit wird der Wechsel der Einstellung — wenn erforderlich in Verbindung mit schiefer Beleuchtung — bei der Beobachtung von kleinen hohlen und soliden Fasern, Bläschen, Kügelchen und dergleichen, ebenso der allermeisten Zeichnungen der Membranoberflächen. Ob solche, mögen sie nun in Form von parallelen oder sich kreuzenden Streifen, oder von Ringen, Punkten und dergleichen auftreten, durch Erhöhungen oder Vertiefungen hervorgerufen sind, lässt sich nicht gerade immer durch entsprechend geführte Schnitte ausmitteln, und kann für eine Entscheidung in dieser Beziehung dann neben einer sorgfältig regulirten Beleuchtung nur der Umstand maassgebend sein, ob zur Gewinnung eines gewissen Bildes solcher Elemente der für die Hauptdurchschnittsebene regulirte Focalabstand durch Hebung oder Senkung des Rohres verändert werden muss, und wie dieses Bild bei schiefer Beleuchtung verschoben wird.

Um die Beurtheilung dieser letzteren und der Reliefverhältnisse überhaupt hat sich Prof. H. Welcker in Halle grosses Verdienst erworben.

Er ging dabei von der Beobachtung aus (siehe Seite 311 und 312), dass Luftblasen in Wasser und überhaupt ein jedes von sphärischen Flächen begrenztes dünneres Mittel, welches von einem dichteren eingeschlossen wird, gleich einer Concavlinse, Oeltröpfchen in Wasser und überhaupt jedes sphärisch begrenzte dichtere, in einem dünneren eingeschlossene Mittel gleich einer Convexlinse wirken, erstere ein Lichtbild der Blendung erzeugen, wenn man unterhalb der Aequatorialzone einstellt, letztere dagegen, wenn man die Einstellebene über diese Zone verlegt.

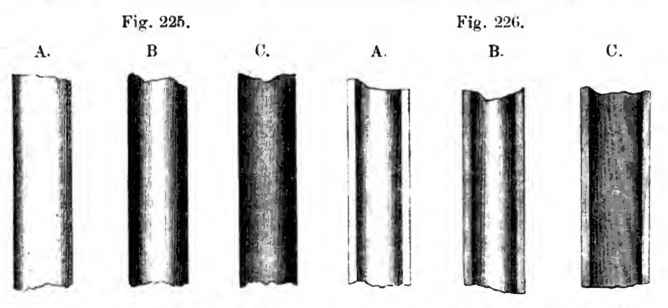
Die von Professor Welcker gegebene Einstellregel zur Beurtheilung der Reliefverhältnisse lautet: „Zeigt ein Object seinen lebhaftesten Glanz beim Erheben des Tubus, so hat man den Tubus auf den Gipfel einer Erhabenheit „„hinaufgehoben““; findet sich der Glanz beim Senken des Tubus, so hat man den Tubus in eine Vertiefung „hinabgesenkt“.“

Solide kugelförmige Körperchen, Fetttröpfchen, Milchkügelchen, Eiterkörperchen u. dergl. lassen sich, wie wir weiter oben (Seite 311 und 312) gesehen haben, sofort leicht mittelst dieser Regel von Gas- und Luftbläschen unterscheiden. Bei cylinderähnlichen Körpern bleiben die Verhältnisse wesentlich dieselben, wie bei hohlen Bläschen und soliden Kügelchen, es ändert sich nur das Lichtbild der Blendung in einer der Form des Objectes entsprechenden Weise.

Die solide Faser, Fig. 225, (als künstliches Object dient zweckmässig ein Glasfaden) gibt sich, sobald sie von einem weniger dichten Medium umgeben wird (Glasfaden in Luft oder Wasser) dadurch zu erkennen, dass dieselbe, wenn man von einer mittleren Tubusstellung auf den Achsen-

23*

schnitt ausgeht, bei der sie ihre grösste Breite, scharfen Umriss und einen über das ganze Object verbreiteten mässigen Glanz *A* besitzt, bei der



Glasfaden. A. bei mittlerer, B. bei hoher, C. bei tiefer Einstellung.

Glascapillare. A. bei mittlerer, B. bei tiefer, C. bei hoher Einstellung.

Hebung des Tubus eine über die Mitte des Bildes dahingehende glänzende Lichtlinie *B*, bei einer bis unter die mittlere hinabgehenden Einstellung dagegen ein verwaschenes Aussehen *C* zeigt. Besitzt das umgebende Mittel eine stärkere Brechkraft als die Faser selbst, so wirkt dieselbe jetzt wie eine Lücke in der stärker brechenden Substanz und zeigt die mittelständige Lichtlinie beim Senken, das verwaschene Aussehen beim Heben des Tubus (Glasfaden in Anisöl). Wird die Faser endlich von einer Flüssigkeit umgeben, welche ein mit ihrer Substanz nahezu gleiches Brechungsvermögen hat, so erscheint sie gleich einem flachen Bande (Glasfaden in Canadabalsam).

Hieraus geht hervor, dass man bei der Beurtheilung der Form auf das Sorgfältigste zu beachten hat, wie das Brechungsverhältniss der organischen Faser und der Zusatzflüssigkeit sich zu einander verhalten, und ehe man sich über ein gegebenes Gestaltverhältniss entscheidet, das betreffende Object in verschiedenen Zusatzflüssigkeiten beobachte.

Die mit Luft erfüllte hohle Faser (Fig. 226), ein feines Haarröhrchen aus Glas, zeigt bei mittlerer Einstellung fast die gleichen Verhältnisse, wie die feste Faser, und unterscheiden sich von dieser nur dadurch, dass an den beiden Rändern die doppelten Umrisse der Durchschnittsansicht ihrer festen Wände gesehen werden *A*. Im Uebrigen aber verhalten sie sich gerade umgekehrt. Die Hebung des Tubus bewirkt verwaschene Bilder *C*, während bei der unter die mittlere herabgehenden Einstellung die mittlere, glänzende Lichtlinie *B* zum Vorschein kommt. Aehnlich wie die hohle Faser u. s. w. verhalten sich auch feine Canälchen in dichterer Substanz. Halbcylindrische Rinnen oder Furchen wirken unter allen Umständen gleich einer Zerstreuungslinse, gleichgültig, ob die hohle Seite nach unten oder oben, d. h. dem Beobachter ab- oder zugewendet ist. Der einzige

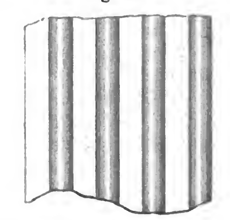
Unterschied für diese beiden Lagen besteht darin, dass der Tubus im ersteren Falle mehr, im anderen weniger gesenkt werden muss, um den höchsten Glanz der leuchtenden Mittellinie zu erreichen.

Tritt an die Stelle der lufthaltigen Hohlfaser oder Haarröhre eine solche, welche mit einer Flüssigkeit erfüllt ist, so verhält sich dieselbe ähnlich wie die solide Faser, wenn die Inhaltsflüssigkeit und die umgebende Flüssigkeit gleiches, oder nahezu gleiches, oder wenn die erstere ein grösseres, die letztere ein kleineres Brechungsvermögen besitzen. Man kann solide und hohle Fasern dann nur in der mittleren, den optischen Durchschnitt der soliden Wände zeigenden Einstellung von einander unterscheiden. Die Erfüllung mit einer, der umhüllenden an Brechkraft nachstehenden Flüssigkeit führt ein Verhalten herbei, welches dem der lufterfüllten Faser mehr oder minder nahe kommt. Wird im ersten Falle das Brechungsvermögen der erfüllenden und der umgebenden Flüssigkeit grösser, als jenes der festen nicht zu dünnen Wände, so erscheinen diese gleich Hohlräumen in dem stärker brechenden Mittel (Glascapillare mit Anisöl gefüllt und von diesem eingeschlossen).

Wenden wir dieses verschiedene Verhalten auf die Reliefverhältnisse der Oberflächen und den inneren Bau von Membranen u. s. w. an, so lassen sich dieselben danach leicht beurtheilen.

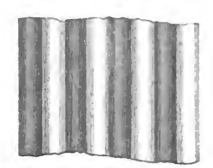
Befinden sich sphärisch begrenzte, rinnen- oder schüsselförmige Vertiefungen (Fig. 227) an der Oberfläche einer Membran u. s. w., so wirken dieselben gleich Concavlinsen und zeigen ihren höchsten Glanz bei dem Senken des Tubus. Treten dagegen kugelige, halbkugelige oder halbcylindrische Erhöhungen auf, so verhalten sich dieselben gleich Convex-

Fig. 227.



Halbcylindrische Erhöhungen oder Vertiefungen.

Fig. 228.



Dicht neben einander gestellte cylindrische Erhöhungen und Vertiefungen.

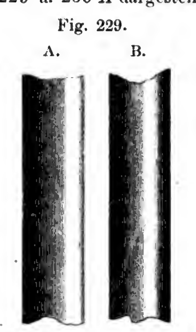
linsen und zeigen den höchsten Glanz, wenn man den Tubus von einer mittleren Einstellung aus hebt. Wechseln endlich rinnenförmige Vertiefungen mit halbcylindrischen Erhöhungen, nimmt die eine Oberfläche also wellenförmige Gestalt an, so glänzen erstere beim Senken, letztere beim Heben des Tubus, und während die einen den höchsten Glanz zeigen, liefern die anderen ein verwaschenes, dunkeles oder doch wenig glänzendes Bild (Fig. 228). In ganz ähnlicher Weise wirken mit ziemlich scharfen

Winkeln aus- und einspringende Oberflächenverschiedenheiten, ebenso nahezu oder ganz geradflächig begrenzte schmale Furchen und Leisten.

Etwas anders gestaltet sich das Verhalten, wenn man wellenförmig gebogene Membranen u. dergl. vor sich hat. Da hier beide Biegungen, diejenigen sowohl, welche ihre convexe, als diejenigen, welche ihre concave Seite dem Beobachter zuwenden, gleich Concavlinsen wirken, so zeigen beide ihren höchsten Glanz beim Senken des Tubus, bedingen aber in der Grösse der Senkung die oben bei den halbcylindrischen Röhren hervorgehobenen Unterschiede.

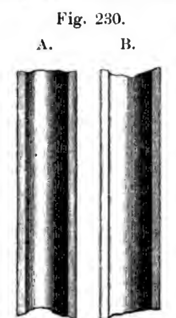
Wird statt der centralen Beleuchtung schiefes Licht angewendet, so ändert sich in den eben beschriebenen Erscheinungen nichts Wesentliches; es tritt nur eine Verlegung des Lichtbildes ein, und zwar nach der einen oder der anderen Seite, je nachdem der Spiegel nach der rechten oder linken Seite hin aus der Achse gerückt wird. Allgemein wird dasselbe bei Convexlinsen ähnlich wirkenden Objecten nach der der Lichtquelle abgewendeten, bei Concavlinsen ähnlich wirkenden nach der der Lichtquelle zugewendeten Seite des Objectes verlegt, muss also, da das zusammengesetzte Mikroskop umkehrt, auf der dem Spiegel zugewendeten oder abgewendeten Seite des Bildes erscheinen. Der Glasfaden, die solide Faser zeigt bei schiefer Beleuchtung und Hebung des Tubus die Lichtlinie auf der dem Spiegel zugewendeten Seite, der Hohlcylinder und die Rinne bei Senkung des Tubus auf der dem Spiegel abgewendeten Seite des mikroskopischen Bildes. Die Vertheilung von Licht und Dunkel erscheint in der Fig. 229 u. 230 *A* dargestellten Weise. Wählt man eine nahezu mittlere Einstellung, so ändern sich die Verhältnisse dahin, dass nun die eine Hälfte des betreffenden Körpers verdunkelt wird, während die zweite in einem, dasjenige des Gesichtsfeldes erreichenden oder etwas übertreffenden Lichte strahlt (Fig. 229 und 230 *B*).

Fig. 229.



Glasfaden bei von rechts einfallendem schiefen Lichte. A. bei hoher, B. bei etwas tieferer Einstellung.

Fig. 230.

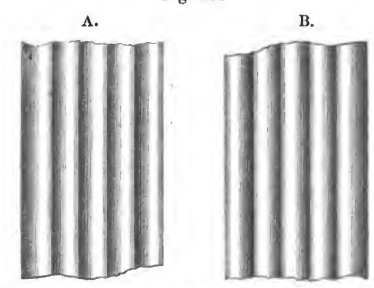


Glascapillare bei von rechts einfallendem schiefem Lichte. A. bei tiefer, B. bei weniger tiefer Einstellung.

Aus diesem Verhalten von Voll- und Hohlcylinder, oder was dasselbe ist, von halbcylindrischer Erhöhung und Vertiefung gegen den schiefen Einfall der Lichtstrahlen beruht der oben (S. 347) besprochene Einfluss der excentrischen Beleuchtung auf die Sichtbarmachung von derartig oder ähnlich gestalteten Structurverhälnissen der Oberflächen. Wird eine solche aus dicht aneinandergrenzenden halbcylinderförmigen

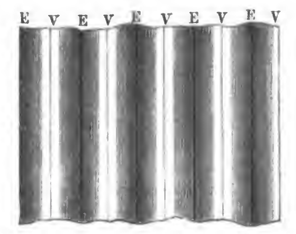
Erhöhungen und Vertiefungen gebildet, so hat man es in seiner Gewalt, durch entsprechend geregelten Einfall des Lichtes und passend gewählte Einstellung ein solches Verhältniss zwischen hellen und dunklen Stellen (Fig. 231), somit zwischen positiven und negativen Gesichtseindrücken herzustellen, dass dieselben mit hinreichender Schärfe aufgefasst werden können. Treten beide Formverhältnisse in wechselnder Folge auf, so fallen bei einer nahezu mittleren Einstellung, in der nicht wesentlich an Intensität der Beleuchtungsverhältnisse verloren geht, je zwei lichte und je zwei dunkle Stellen zusammen (Fig. 232), nehmen also einen etwa doppelt so grossen Raum ein und können eher zur Wahrnehmung gelangen, als in der bei centraler Beleuchtung stattfindenden Licht- und Schattenvertheilung. Dass hierbei eine Reduction der leuchtenden und dunklen Stellen auf die Hälfte stattfinde, was Manche behaupten, ist, wie aus der Betrachtung der Figur hervorgeht, durchaus nicht begründet. Erscheint endlich die Oberflächenbeschaffenheit durch halbkuglige oder ähnliche, in Reihen geordnete Vertiefungen oder Erhöhungen bedingt, so ist leicht einzusehen, wie solche unter entsprechenden Verhältnissen bei schiefer Beleuchtung ebenfalls als abwechselnd dunkle und helle Streifen erscheinen können (Fig. 233).

Fig. 231.



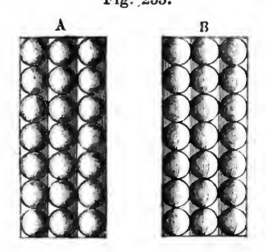
Halbcylindrische dicht nebeneinanderliegende Erhöhungen A, und Vertiefungen B, bei schiefer Beleuchtung.

Fig. 232.



Wechselnde halbcylindrische Erhöhungen E, und Vertiefungen V, bei schiefer Beleuchtung.

Fig. 233.



Halbkuglige Vertiefungen A, und Erhabenheiten B, bei schiefer Beleuchtung.

Aus dem geschilderten Verhalten

von Glasfaden und gefülltem Hohlcylinder in einer deren eigenes Brechungsvermögen an Brechkraft übertreffenden Substanz geht hervor, dass stärker und minder stark brechende, d. h. dichtere und weniger dichte Theile eines und desselben Objectes sich ähnlich verhalten müssen wie cylindrische Erhabenheiten oder Vertiefungen einer Membran. Um daher zu entscheiden, ob derartige bei Beobachtung unter Wasser in dem mikroskopischen Bilde sich kundgebende Verschiedenheiten eines beliebigen Objectes durch Structur- oder Dichtigkeitsunterschiede bedingt sind, ist es nothwendig, mit den Zusatzflüssigkeiten zu wechseln und namentlich solche, das Untersuchungsobject an lichtbrechendem Vermögen übertreffende Substanzen anzuwenden, durch welche das Bild entweder in ersterem Falle dem angegebenen Verhalten gemäss geändert, oder in letzterem Falle im Wesentlichen ungeändert erhalten wird. Zeigt das betreffende Structurverhältniss jetzt beim Senken des Tubus seinen höchsten Glanz, so hat man es mit einer Erhabenheit zu thun, während man auf eine Vertiefung zu schliessen berechtigt ist, wenn der höchste Glanz beim Heben des Tubus hervortritt. Um sich hier die Beurtheilung der Tubusstellung zu erleichtern, geht man entweder wie oben von einer mittleren Tubusstellung aus, oder man bewirkt die Einstellung, indem man das Rohr aus einer Höhe herabsenkt, in der man noch kein deutliches Bild von dem Objecte hat. Vertiefungen erscheinen dann zuerst hell auf dunkelem Grunde, Erhabenheiten dagegen dunkel auf hellem Grunde, bis sich nach weiterem Senken des Rohres das Bild geradezu umkehrt. Soll die Sicherheit der Entscheidung nicht getrübt werden, so muss sich das betreffende Object in seinem natürlichen Zustande befinden und dürfen etwaige Dichtigkeitsunterschiede nicht durch vorbereitende Behandlung, Trocknen und dergleichen, gestört sein.

Gebrauch der Verbesserungseinrichtung. — An den Gebrauch der Einstellung schliesst sich unmittelbar der Gebrauch der Verbesserungseinrichtung an, welche bestimmt ist, bei den Objectivsystemen von kurzer Brennweite und grosser Oeffnung den Einfluss des Deckglases auf das Bild zu beseitigen. Mit der Einrichtung selbst haben wir uns schon weiter oben vertraut gemacht, und bleibt daher nur noch zu erörtern, wie man am einfachsten und schnellsten eine möglichst genaue Verbesserung zu erreichen vermag. Es sind zu diesem Ende, namentlich von englischen Mikrographen, bei denen diese Art von Objectivsystemen zuerst in Gebrauch kam, mancherlei Vorschriften ertheilt worden. Eine der einfachsten ist die von Wenham in dem „2. Bde. des Quart. Journal of Microsc. Science, p. 138“ empfohlene. Er sagt: „Man wähle irgend einen dunkeln Punkt des Objectes aus, bringe ihn genau in den Focus, bewege dann das Rohr aus dieser Stellung rasch auf- und abwärts und merke genau auf die Ausdehnung seiner Begrenzung, sowohl wenn das Objectiv dem Gegenstand genähert, als wenn es von demselben entfernt wird. Ist die Begrenzung von grösserer Ausdehnung, wenn sich der Punkt ausser-

halb des Focus befindet, so müssen die Linsen einander mehr genähert im anderen Falle von einander entfernt werden, und man hat das Objectiv erst dann richtig corrigirt, wenn die Ausdehnung der Grenze gleichmässig zunimmt, man mag dasselbe von dem Gegenstande entfernen oder demselben nähern."

Für einzelne Fälle mag man mit der Befolgung solcher Regeln wohl auskommen, der Anfänger wird davon gewöhnlich im Stiche gelassen und sich erst durch längeren Gebrauch die Fertigkeit erwerben müssen, seine Correction richtig auszuführen. Da man indessen den zu beobachtenden Gegenstand vorher in der Regel schon mittelst anderer Objectivsysteme betrachtet hat, ehe man zu diesen stärksten und empfindlichsten Systemen schreitet, so kennt man denselben hinreichend genau, um beurtheilen zu können, in wieweit das Begrenzungsvermögen u. s. w. mangelhaft erscheint. Ein kurzes Versuchen wird dann bald die richtige Stellung der beweglichen Linsen gegeneinander finden lassen. Man gewöhne sich dabei nur daran, dass, während die eine Hand die Correctionsschraube bewegt, die andere die feine Einstellung regelt, damit das Object stets im Focus bleibt und man die Schärfe seiner Umrisse u. s. w. immer gradweise verfolgen und richtig beurtheilen kann.

Nur auf einen Fall muss ich in dieser Beziehung hinweisen, der, soviel mir bekannt, bis jetzt noch nicht beachtet worden ist und auf den mich zuerst Hartnack aufmerksam machte. War nämlich ein Object bei gerader Beleuchtung eingestellt und die Correction vollzogen, so wird man, namentlich bei sehr schwierigen Objecten, wie die feine Zeichnung auf den Diatomeenschalen, mit Erstaunen finden, dass schiefes Licht nun nicht die Wirkung äussert, welche man erwartete. Das Bild erscheint matter, als man es bei anderen Objecten zu sehen gewohnt ist, und es wird einer mehr oder minder stärkeren Annäherung der Linsen bedürfen, damit es in voller Schärfe und Bestimmtheit zur Anschauung kommt. Ist dieser Umstand auch für die eigentlich histiologischen Untersuchungen weniger von Bedeutung, so darf man ihn doch bei der Erforschung zarter Oberflächenstructuren, ebenso bei der Beurtheilung der Leistungsfähigkeit von Correctionssystemen in Bezug auf ihr Auflösungsvermögen bei schiefem Lichte nicht ausser Acht lassen.

Anwendung der physikalischen Hilfsmittel der Beobachtung.

Unter den physikalischen Hilfsmitteln der Beobachtung verdienen namentlich die Grössenbestimmung der mikroskopischen Objecte, der wir einen besonderen Abschnitt widmen müssen, die Anwendung eines allmäligen, gleichmässigen Druckes, die Einwirkung erhöhter Temperatur und der Elektricität, von denen letztere bis in die neueste Zeit zu wenig beachtet worden waren, unsere besondere Aufmerksamkeit.

Anwendung des Druckes. — Die Anwendung des Druckes ist in einzelnen Fällen für die mikroskopische Untersuchung nicht ohne Erfolg; nur

muss man dabei mit grosser Vorsicht verfahren und namentlich nicht glauben, dass durch denselben die eigentliche Präparation in einer oder der anderen Weise ersetzt werden könne. Allerdings mag es Fälle geben, bei denen in Folge der Beschaffenheit des Gegenstandes selbst die geschickte Handhabung von Messer und Nadel nicht ausreicht, um Einzelnes zur Anschauung zu bringen, was sich mittelst sorgfältiger Anwendung des Druckes erreichen lässt, indem durch ihn entweder einzelne Theile des Präparates ausser Zusammenhang gebracht, oder doch in seinem Inneren gelegene Elemente sichtbar gemacht werden können. Im Allgemeinen beschränken sich jedoch diese Fälle mehr auf die Untersuchung der ersten Stadien der thierischen Entwickelungsgeschichte und mancher weichen thierischen Gewebe, da hier die zu grosse Weichheit eine andere geeignete Präparation nicht gestattet, in Folge der man sich volle Einsicht über den Zusammenhang der einzelnen Theile zu verschaffen im Stande wäre. In der Pflanzenhistiologie lässt sich der Druck in dieser Weise kaum anwenden. In allen Fällen, wo derselbe mehr als Hilfsmittel der Präparation denn der Beobachtung dient, ist besonders darauf zu achten, dass man denselben nur in solchem Umfange anwendet, wie ihn die Sichtbarmachung der betreffenden Organisationsverhältnisse erfordert. Ferner hat man sorgfältig die Veränderungen zu bedenken, welche dadurch in einzelnen Theilen des Objectes hervorgerufen werden könnten, um sich nicht zu einer falschen Beurtheilung des Beobachteten verleiten zu lassen.

Wichtiger denn als Präparationsmittel ist die Anwendung des Druckes als Hilfsmittel der Beobachtung an und für sich und ist es oft nur durch sie möglich, über einzelne Structurverhältnisse zu einer bestimmten Entscheidung zu kommen. So lässt sich z. B. trotz der eben ertheilten Einstellungsregeln manchmal nur mittelst Anwendung des Druckes entscheiden, ob man einen hohlen oder soliden äusserst kleinen Körper vor sich hat, ob ein winziges kugelförmiges Object, ein weiches oder hartes Kügelchen oder ein Bläschen sei. Ebenso wird das Verhalten des Inhaltes der Elementarorgane zum Drucke in vielen Fällen wichtig und bietet dieses oft das einzige Mittel, um jenen da, wo er der Beobachtung der Organisationsverhältnisse hinderlich sein könnte, auszutreiben. Endlich kann der Druck angewendet werden, um Bewegungen der Objecte zu hindern, welche der ruhigen Beobachtung störend entgegentreten, wie das namentlich bei der Untersuchung über niedere Pflanzen und Thiere der Fall ist. In allen diesen Fällen muss man immer die nöthige Stärke des Druckes ermessen, welche das betreffende Object ohne Schaden zu ertragen im Stande ist. Eine allgemeine Regel lässt sich hierfür aber eben so wenig geben, als dafür, in welchen Fällen überhaupt der Druck Anwendung finden soll. Es ist dafür eben die Beurtheilung jedes einzelnen Falles nothwendig und kann neben den Andeutungen, welche die speciellen Untersuchungsmethoden zu ertheilen haben, nur die Erfahrung und das durch dieselbe gebildete eigene Urtheil maassgebend sein.

Um den gewünschten Druck auszuüben gibt es namentlich zwei

Wege, von denen jeder seine Vor- und Nachtheile hat. Man bewirkt denselben nämlich entweder mittelst des weiter oben beschriebenen Quetschers oder mittelst der blossen Hand. Letzteres Mittel ist unter allen Umständen das einfachere und gewährt ausserdem den Vortheil, dass man durch Verschieben des Deckglases das Object hin- und herrollen, ihm dadurch die für die Beobachtung günstigste Seite abgewinnen, und den Druck sowohl nach verschiedenen Richtungen, als in wechselnder, bald vermehrter, bald verminderter Stärke wirken lassen kann. Allerdings ist dabei diese letztere nicht hinreichend genau zu bemessen, und es kann leicht der geübte Druck zu stark ausfallen und das Präparat verderben. Ausserdem ist eine allmälige Steigerung des Druckes mittelst der blossen Hand nicht gut möglich und gestattet deren Gebrauch eben so wenig eine länger andauernde Gleichmässigkeit desselben. Man kann sich indessen in dieser Beziehung leicht helfen, wenn man zwischen Objectträger und Deckglas Stückchen einer weichen Masse, z. B. eines Gemisches aus Wachs und damit zusammengeschmolzenem Terpentin bringt, wodurch es möglich wird, den Druck allmälig zu steigern, und für einige Zeit bei einem gewissen Grade der Stärke zu erhalten.

Anwendung erhöhter Temperatur. — Die Einwirkung erhöhter Temperatur auf einzelne Theile von Geweben, namentlich aber auf manche Elemente des Zellen- und Gefässinhaltes ist häufig höchst wünschenswerth und der Beobachtung in gewissem Maasse förderlich.

Eine bis zur Siedehitze des Wassers gesteigerte und noch höhere Temperatur wird sich namentlich bei dem Gebrauche der weiter oben besprochenen mikrochemischen Hilfsmittel, sowie bei der Untersuchung mancher Inhaltselemente als erwünscht erweisen. Man muss indessen bedenken, dass der Anwendung so hoher Grade von Wärme während der Dauer der mikroskopischen Beobachtung mancherlei entgegensteht. Erstlich sind es schon der ganze Bau des Instrumentes und die während der Erwärmung der Zusatzflüssigkeit sich entwickelnden Dämpfe, welche eine gewisse Beschränkung auferlegen. Dann ist zu erwägen, dass in Folge der Erwärmung in der Zusatzflüssigkeit immer Strömungen entstehen, wodurch trotz der Bedeckung mittelst Deckglases das zu beobachtende Object in einer beständigen Bewegung erhalten und eine dauernde, genaue Beobachtung unmöglich gemacht wird. Man wird sich daher in den meisten Fällen darauf beschränken müssen, die Erwärmung für sich vorzunehmen und das Object erst nach gehöriger Abkühlung unter das Mikroskop zu bringen. Es ist dann freilich für alle solche Fälle, wo die Wirkung einer allmälig gesteigerten Temperaturerhöhung studirt werden soll, etwas mehr Mühe und Zeit aufzuwenden, indem man denselben Gegenstand nach und nach stärker erwärmen und immer wieder verkühlen lassen muss. Wo indessen eine directe Beobachtung der unter dem Einfluss der erhöhten Temperatur vor sich gehenden Veränderungen geboten ist und die Zusatzflüssigkeit wegen der Schädlichkeit sich ent-

wickelnder Dämpfe es nicht geradezu verbietet, da muss man sich dazu entschliessen, das Object zu erwärmen, während es sich im Focus befindet. Man kann hierbei, wenn man den früher beschriebenen heizbaren Objecttisch nicht verwenden will, auf folgende höchst einfache Weise verfahren: Das Präparat bringt man auf einen, locker in einen messingenen oder hölzernen Rahmen gelegten Objectträger von der früher beschriebenen Form und Grösse, aber aus dem dünnen Glase, woraus man die Deckgläser schneidet, und bedeckt ihn, um die entstehenden Dämpfe möglichst von dem Objectivsystem abzuhalten, mit einem grossen, mindestens 20 Millimeter Seite haltenden Deckglase. Zur Erwärmung selbst dient eine kleine Spirituslampe, die sich leicht aus einer Glasröhre mit angeblasener Kugel verfertigen und in der Weise biegen lässt, dass man die kleine Flamme leicht durch die Tischöffnung auf den Objectträger wirken lassen kann. Die von einigen Mikroskopikern empfohlenen gebogenen Wachskerzchen sind deshalb nicht als Wärmequelle geeignet, weil sie Russ an den Objectträger absetzen und denselben schwärzen, was zwar bei Beobachtungen mittelst auffallenden Lichtes nichts zu sagen hat, dagegen sehr störend wirkt, wenn durchfallendes Licht verwendet wird.

Weit wichtiger als die Anwendung so hoher Temperatur ist jene von mittlerer Stärke bis zur Blutwärme und etwas darüber hinaus. Man wird solche mittlere Wärmegrade immer mit grossem Nutzen bei manchen Erscheinungen des Zellenlebens der Pflanzen anwenden, so z. B. bei den Beobachtungen über die Bewegungen des Protoplasmas. Vor allem aber müssen dieselben für die Untersuchung der Gewebe warmblütiger Thiere die höchste Bedeutung erlangen, wie dies die meisten Untersuchungen von Max Schultze und Anderen beweisen. Hier wird die Ausbildung der speciellen Untersuchungsmethoden für die Zukunft überall die normalen Temperaturverhältnisse, unter denen die Gewebe stehen, auf das Sorgfältigste in Rechnung zu ziehen haben, wenn uns die Beobachtungen brauchbares Material für die Erkenntniss der Entwickelungsgeschichte der Elementarorgane und Gewebe sowie für das Verständniss der diesen eigenen Lebenserscheinungen liefern sollen. Derartige einfache Veranstaltungen, wie ich oben eine erwähnt habe und wie man sie von manchen Seiten angewendet hat, reichen dann aber auch keineswegs mehr aus. Der heizbare Objecttisch von Max Schultze, welcher in dem vorigen Abschnitte beschrieben worden ist, wird hier in Verbindung mit der, die Verdunstung der Zusatzflüssigkeit verhindernden feuchten Kammer zu einem der wichtigsten Nebenapparate des ausübenden Mikroskopikers. Der optische Apparat des Mikroskopes leidet bei der Anwendung dieser beiden Vorrichtungen durchaus nicht und bedarf es in Hinsicht auf denselben weder besonderer Veranstaltungen noch besonders construirter Objectivsysteme (Eintauchsysteme), indem, wie uns Max Schultze berichtet, bei stärkeren Vergrösserungen und einigermaassen grossen Deckgläsern ein Beschlagen der Objectivlinsen nicht zu fürchten ist.

Anwendung elektrischer Ströme. — Um die Einwirkung des elektrischen Stromes auf den Blutumlauf, die Flimmerbewegung, die Bewegungen niederer Thiere und Pflanzen, die Strömungen des Protoplasmas und dergleichen zu beobachten, wendet man einen der in dem vorigen Abschnitte beschriebenen elektrischen Objectträger an, indem dessen Entladungsdrähte mit den Poldrähten irgend einer stromerzeugenden Vorrichtung in Verbindung gebracht werden. Man hat in der neueren Zeit wohl am häufigsten von dem Du Bois-Reymond'schen Schlittenapparate Gebrauch gemacht. Ich möchte aber dessen Anwendung in Rücksicht auf das Mikroskop nicht gerade empfehlen. Ich selbst habe mich bei meinen Untersuchungen eines magnetelektrischen Rotationsapparates bedient und glaube, dass derselbe dem vorgenannten fast überall vorzuziehen sein dürfte.

Anwendung der chemischen Reagentien.

Für eine nicht unbedeutende Anzahl, ja man kann sagen für die meisten wissenschaftlichen mikroskopischen Untersuchungen ist die Behandlung der betreffenden Objecte mittelst chemischer Reagentien von hoher Bedeutung, indem häufig kein anderes Hilfsmittel ausreicht, um sich über die Constitution einer organischen Substanz, sei es, dass dieselbe an der Zusammensetzung der Gewebe selbst Theil nimmt, sei es, dass sie dem Inhalte der Zellen, Gefässe u. s. w. angehört, ein sicheres Urtheil zu bilden.

Es kann hier natürlich nicht die Rede davon sein, eine ausführliche Anleitung der mikrochemischen Analyse oder auch nur die Regeln für alle besonderen Fälle der Anwendung chemischer Reactionen zu geben, welche dem besonderen Theile dieses Werkes vorbehalten bleiben müssen. Wir haben nur die allgemeinen Verfahrungsweisen, Vorsichtsmaassregeln und dergleichen, sowie die Wirkungsweise der vorzugsweise in Gebrauch befindlichen Reagentien auf die verschiedenen allgemeiner verbreiteten organischen Substanzen des Thier- und Pflanzenkörpers zu betrachten.

Im Ganzen und Grossen ist die Anwendung der mikrochemischen Hilfsmittel höchst einfach und der ganze dabei zu gebrauchende Apparat erstreckt sich neben den Aufbewahrungsgefässen auf ein paar Glasstäbe und Glasröhrchen, Uhrgläschen, kleine Abdampfschälchen, Spritzfläschchen und die sonst bei jeder mikroskopischen Untersuchung unentbehrlichen Utensilien.

Zuführung der Reagentien. — Gilt es nur den Nachweis irgend einer chemischen Verbindung, sei es in Membran oder Inhalt, so umgibt man das vorher mit Wasser befeuchtete, nöthigenfalls auch von Harzen, Fetten und dergleichen störenden Substanzen befreite Präparat mit einem Tropfen des betreffenden Reagenses, bedeckt dasselbe und hat es nun zur Beobachtung fertig.

In der Regel ist es aber erwünscht, die ganz allmälig erfolgende Wirkung eines bestimmten Reagenses auf einen bestimmten Theil eines

Gewebes oder Organes zu studiren. Hier wird man immer um so sicherer zum Ziele gelangen, je allmäliger die Vermischung jenes mit der Zusatzflüssigkeit geschieht, in welcher das frische Object liegt, und je vorsichtiger man dessen Concentrationsgrad beachtet, den man durch eine Zuführung immer neuer und kleiner Mengen der betreffenden Lösung leicht zu regeln vermag. Man bringt zu dem Ende einen Tropfen des erforderlichen Reagenses mittelst eines Glasstäbchens oder Glasröhrchens vorsichtig an den Rand des Deckglases, unter welchem das Präparat in Wasser liegt, lässt sich beide Flüssigkeiten mischen, beobachtet den Erfolg und fügt dann, falls es nöthig wird, in gleicher Weise Tropfen um Tropfen der Probeflüssigkeit hinzu, bis die erzielte Wirkung zum Vorschein kommt. Wo es wegen des Focalabstandes der Objectivsysteme zulässig ist, kann man eine noch stetigere Vermischung erzielen, wenn man unter das Deckglas einen feinen Baumwolle- oder Leinenfaden bringt und dessen hervorragendes Ende mit einem Tropfen der Probeflüssigkeit betupft. Sollte nach und nach die Menge der Zusatzflüssigkeit zu gross werden, so dass man ein Ueberfliessen über das Deckglas und damit eine Verunreinigung der unteren Linse des Objectivsystemes zu fürchten hätte, oder wünscht man mit dem Concentrationsgrade noch weiter zn steigen, so lässt sich der Ueberschuss an Flüssigkeit an dem einen Rande des Deckglases mittelst eines kleinen Stückchens Fliesspapier oder eines flach ausgebreiteten Haarpinsels leicht hinwegnehmen.

Entfernung der Reagentien. — Soll ein Reagens wieder ganz von einem Präparate entfernt und dieses hierauf mit Wasser ausgewaschen werden, so gilt es häufig, die grösste Vorsicht anzuwenden, namentlich wenn das Object sehr zart ist und man durch das Wegnehmen des Deckglases dasselbe zu verderben Aussicht hätte. Ich habe in diesem Falle unter allen Umständen folgendes Verfahren am einfachsten und zweckmässigsten befunden. Man bringt den Objectträger sammt dem bedeckten Präparate in eine mit einer hinreichenden Menge reinen Wassers gefüllte Porzellanschale. Es tritt dann noch eine gewisse Menge Wasser zu dem Reagens unter das Deckglas und hebt dasselbe etwas, so dass man es nun mittelst einer feinen Glasnadel leicht über das Präparat wegschieben kann, ohne dieses zu verletzen. Die das letztere umgebende Wassermenge reicht in der Regel zum Auswaschen desselben vollkommen aus und man kann es mittelst einer breiten messerartigen Präparirnadel oder eines feinen Haarpinsels ohne Weiteres auf einen frischen, bereit gehaltenen Objectträger bringen. Weniger schnell zum Ziele führend, für den minder geübten Beobachter indessen bei sehr zarten Präparaten vielleicht noch vorzuziehen, ist das von Harting empfohlene Verfahren. Nach diesem bringt man den Objectträger in eine etwas geneigte Lage und gibt auf den nach oben gekehrten Rand des Deckglases tropfenweise Wasser, welches unter dieses sich hineinzieht und die Probeflüssigkeit mit fortreisst, ohne das Object zu verletzen und weg-

zuführen. Wo das Präparat sehr dünn ist und das Deckglas somit zu fest aufliegt, um dem Wasser das Eindringen zu gestatten, da hebt man letzteres etwas und fügt zwischen beide Gläser einen dünnen Körper, etwa ein Haar oder dergleichen, ein, worauf das Ausspülen leichter von statten geht. Um sich in diesem Falle davon zu überzeugen, ob das Object hinreichend ausgewaschen ist, muss von Zeit zu Zeit das ablaufende Waschwasser mit den geeigneten Reagentien untersucht werden.

Gehen wir jetzt zu den im Thier- und Pflanzenkörper vorzugsweise und am weitesten verbreiteten organischen Verbindungen über, deren Vorhandensein durch die mikrochemischen Reactionen nachgewiesen werden soll, so stellen sich als solche namentlich die sogenannten Eiweisskörper und Leimsubstanzen, elastische Substanz, Zellstoff, Stärke, Rohr- und Traubenzucker, Dextrin, Gummi, Fette, fette und flüchtige Oele, Harze und Balsame, sowie die verschiedenen Gerbstoffmodificationen dar.

Eiweisskörper. — Die sogenannten Eiweisskörper (Albumin, Caseïn, Fibrin, Syntonin, Legumin) können in den organischen Geweben durch mehrere Reagentien nachgewiesen werden, welche ihnen eine bestimmte Färbung ertheilen. Es sind als solche namentlich folgende von verschiedenen Seiten empfohlen worden: Jodlösung, concentrirte Salpetersäure (namentlich in Verbindung mit Ammoniak), Salzsäure, salpetersaures Quecksilberoxyd, Zucker und Schwefelsäure, schwefelsaures Kupferoxyd und Aetzkali.

Die Jodlösung, welche allen stickstoffhaltigen Substanzen eine gelbe Färbung ertheilt, eignet sich für deren Nachweisung am allerwenigsten, weil sie auch andere Substanzen in gleicher oder ähnlicher Weise färbt und somit einen bestimmten Schluss nicht gestattet.

Weit geeigneter für vorliegenden Zweck ist die zuerst von Mulder empfohlene Salpetersäure, da durch dieselbe alle Eiweisskörper ohne Ausnahme unter Bildung von Xanthoproteïnsäure entschieden gelb gefärbt werden. Ein Zusatz von Ammoniak erhöht die Wirksamkeit bedeutend, weil das entstehende xanthoproteïnsaure Ammoniak eine noch dunklere Farbe besitzt als die Säure für sich. So sichere Schlüsse die Anwendung der Salpetersäure auch in manchen Fällen, namentlich aus der Pflanzenhistiologie, gestattet, so sehr hat man in anderen Fällen, vorzüglich bei der Untersuchung thierischer Gewebe, vorsichtig zu sein, worauf namentlich Harting aufmerksam gemacht hat. Da nämlich in der thierischen Ernährungsflüssigkeit immer stickstoffhaltige Verbindungen vorkommen und ausserdem die Xanthoproteïnsäure sowohl, als ihre Salze in Wasser leicht löslich sind, wodurch sich mittelst dieser oder anderer wässeriger Zusatzflüssigkeiten die Farbe des einen Gewebetheiles leicht über einen benachbarten verbreiten kann, so hat man wohl darauf zu achten, dass kein falsches Urtheil gefällt wird. Es empfiehlt sich daher, um in dieser Beziehung sicher zu gehen, ein möglichst vollständiges Ausziehen der betreffenden Gewebe mittelst Wasser, um aus denselben

vor der Einwirkung des Reagenses alle Ernährungsflüssigkeit zu beseitigen. Ein weiterer Uebelstand, namentlich für sehr zartwandige Gewebe, liegt darin, dass bei ihnen oft nicht leicht zu entscheiden ist, ob die entstandene Färbung der Zellmembran oder dem Inhalte oder beiden zugleich angehört, und dass ferner bei Lösungen von Eiweisssubstanzen die durch die Zusatzflüssigkeit verdünnte xanthoproteïnsaure Lösung zu wenig Farbe hat, um bei starken Vergrösserungen noch hinreichend sicher erkannt zu werden, namentlich dann, wenn die Objectivsysteme schon an und für sich nicht ganz farblose, sondern etwas gelbliche Bilder gewähren.

Concentrirte Salzsäure ertheilt den Eiweisskörpern, wenn sie mit denselben längere Zeit in Berührung bleibt, eine schwärzlich violette Färbung, welche ihrer Intensität halber selbst bei geringen Mengen jener und bei stärkeren Vergrösserungen noch leicht wahrnehmbar ist. Sie würde aus diesem Grunde der Salpetersäure vorzuziehen sein, wenn zu ihrer Einwirkung eben nicht eine längere Dauer erforderlich wäre und wenn nicht in manchen Fällen selbst da eine nur schwache Färbung erfolgte, wo grössere Mengen von stickstoffhaltigen Verbindungen sich durch andere Reagentien mit Bestimmtheit nachweisen lassen.

Das salpetersaure Quecksilberoxydul ertheilt sowohl festen als gelösten Eiweisskörpern, nach einer 10 bis 20 Minuten dauernden Einwirkung, eine ziegelrothe Färbung, die sich durch Erwärmen bedeutend erhöhen lässt, ja in einzelnen Fällen erst nach demselben kenntlich hervortritt.

Zucker und Schwefelsäure, schon 1833 von Raspail, neuerdings wieder von Professor Schultz in Rostock als Reagens auf Eiweissstoffe empfohlen, ertheilen denselben nach einer mehrere Minuten bis eine Viertelstunde dauernden Einwirkung eine rosenrothe Färbung. Dieses Reagens hat indessen manche Nachtheile, welche es höchstens für vergleichende Reactionen tauglich machen. Erstlich misslingt die Färbung mittelst desselben hier und da und erscheint dieselbe oft so schwach, dass sie unter einigermaassen starken Vergrösserungen und bei durchfallendem Lichte kaum zu erkennen ist, dann gibt es ausser den Eiweisskörpern noch einige andere Verbindungen, auf welche dasselbe in ähnlicher Weise wirkt, endlich ist die durch die Schwefelsäure hervorgerufene Entwickelung von Gasblasen sowie die Zerstörung mancher Gewebetheile für die Beobachtung oft geradezu hinderlich. Die Anwendung dieses Reagenses geschieht in der Weise, dass man das Präparat zuerst mit einem Tropfen schwachen Zuckersyrups tränkt, diesen nach einiger Zeit mittelst eines Pinsels aufnimmt und schliesslich einen Tropfen englischer Schwefelsäure zusetzt.

Ein sehr vorzügliches, wenn auch etwas umständlich anzuwendendes Erkennungsmittel für die in Rede stehende Gruppe von Verbindungen, dessen Brauchbarkeit ich mannigfach erprobt habe, ist die von Dr. J. Sachs empfohlene Behandlung der betreffenden Präparate mit Lösungen von schwefelsaurem Kupferoxyd und Aetzkali, welche auch zur Erken-

nung anderer Verbindungen von Wichtigkeit sind. Dieses Reagens eignet sich für thierische Objecte im Allgemeinen, während es bei Pflanzengeweben vorzugsweise zur Prüfung des Zellinhaltes auf stickstoffhaltige Verbindungen, weniger für den Nachweis dieser letzteren in den Zellwänden geeignet erscheint. Will man mittelst desselben ein Präparat auf Stickstoffverbindungen prüfen, so legt man dasselbe je nach der Dicke des Schnittes, der für die Untersuchung des Inhaltes immer so stark zu nehmen ist, dass mindestens eine Zellenlage unverletzt bleibt, einige Minuten bis 1 Stunde in eine mässig concentrirte Auflösung von Kupfervitriol, spült es sorgfältig mit Wasser ab, so dass von der Lösung nichts mehr mechanisch hängen bleibt, hebt es mittelst einer flachen (Staar-) Nadel aus dem Wasser und bringt es in einen schon auf dem Objectträger bereit gehaltenen Tropfen von Kalilösung. Es entsteht nach dieser Behandlung meist sofort eine intensive Färbung der Eiweissstoffe, die bei auffallendem Lichte rein violett erscheint, bei durchgehendem Lichte dagegen etwas ins Weinrothe spielt und welche die schätzbare Eigenschaft besitzt, dass sie auch in sehr dünnen Schichten und in sehr verdünntem Zustande noch leicht erkennbar ist. Man kann in Folge dieser Eigenschaft durch diese Mittel auch noch geringe Mengen von Stickstoffverbindungen und sogar bei starken Vergrösserungen nachweisen. Kochen vermindert die Färbung in keiner Weise; im Gegentheil sie wird dadurch vielmehr erhöht. Dieselbe ist, was sehr zu beachten, so intensiv, dass sie auch noch im Vereine mit anderen, durch Traubenzucker u. s. w. hervorgerufenen Farbenerscheinungen deutlich hervortritt, sofern nur irgend erhebliche Mengen von Eiweisskörpern vorhanden sind.

Für die Erkennung der chemischen Zusammensetzung thierischer Gewebe kommen ausser den genannten Reagentien eine ziemlich concentrirte Auflösung von Aetznatron und concentrirte Essigsäure in Betracht. Beide Mittel lösen nämlich alle Eiweissverbindungen und die aus solchen bestehenden Gewebe und Gewebetheile auf, während z. B. chondrinhaltige Gewebe darin blos aufquellen, die Fasern des elastischen Gewebes aber gänzlich unverändert bleiben.

Leimsubstanzen. — Die Leimsubstanzen des thierischen Körpers (Chondrigen, Chondrin, Collagen u. s. w.) bilden Abkömmlinge von den Eiweisskörpern, mit denen sie auch manche Reactionen gemein haben. So z. B. färben sie sich mit Salpetersäure durch Bildung von Xanthoproteïnsäure hochgelb, mit schwefelsaurem Kupferoxyd und Kali behandelt violett. Von jenen unterscheiden sie sich dagegen durch ihr Verhalten gegen siedendes Wasser, in welchem sie nach längerer oder kürzerer Zeit gelöst werden, um dann hornartig zu erstarren. Zucker und Schwefelsäure ertheilt ihnen eine gelbbraune Färbung, die sich leicht von jener der echten Eiweisskörper unterscheiden lässt.

Elastische Substanz. — Die sogenannte elastische Substanz, welche die Grundlage mancher Bindegewebe, der sogenannten elastischen

Gewebe ausmacht, stammt wie die obigen von den Eiweisskörpern ab. Dieselbe ist unlöslich in heissem Wasser und unterscheidet sich dadurch von den vorhergehenden Substanzen, ebenso wie durch ihre Leichtlöslichkeit in verdünnter und erwärmter Salzsäure und durch ihre Reaction gegen schwefelsaures Kupferoxyd und Kali, von denen sie nach meinen Erfahrungen nicht gefärbt wird. Dagegen theilt sie mit diesen die Reactionen gegen Salpetersäure, sowie Zucker und Schwefelsäure.

Zellstoff. — Die häufiger gebrauchten charakteristischen Reagentien für den Zellstoff sind: Jodlösung für sich allein, Jodlösung und verdünnte Schwefelsäure, oder statt deren Chlorzinkjodlösung, ferner Kupfer- oder Nickeloxyd-Ammoniak, endlich schwefelsaures Kupferoxyd und Kali.

Jodlösung für sich bewirkt, soweit bekannt, nur in den Fruchtschläuchen der Flechten Blaufärbung. Andere weiche Gewebe nehmen diese Färbung mit Beihülfe von Eintrocknen in dem Reagens und nachfolgendem Befeuchten an.

Jod und Schwefelsäure ertheilen bekanntlich dem reinen Zellstoff eine mehr oder minder dunkle, blaue Färbung, was wahrscheinlich in einer chemischen Umwandlung desselben in Stärke seinen Grund findet. Man hat daher in der Anwendung dieser Reagentien zugleich ein Mittel an der Hand, um den Grad der Veränderung zu beurtheilen, welche der Zellstoff in den verschiedenen Geweben erfahren hat, mögen diese nun auf einer chemischen Umwandlung selbst, oder auf der Einlagerung fremder Stoffe — Holzstoff? — beruhen. Es wechselt nämlich die Färbung der Zellhüllen je nach der Reinheit des Zellstoffes vom rein Blauen durch das Blaugrüne bis ins reine Gelbe und Braune in mancherlei Abstufungen.

Um den Zellstoff in vollständig verholzten Geweben nachzuweisen, bedarf es vor der Behandlung mit Jod und Schwefelsäure einer vorbereitenden Behandlung mittelst des weiter oben genannten Schultz'schen Macerationsmittels oder kochender Aetzkalilösung, der schliesslich ein sorgfältiges Aussüssen mittelst Wassers folgen muss.

Die Verwendung der beiden Flüssigkeiten geschieht derart, dass man zuerst das Präparat mittelst der Jodlösung durchtränkt. Hat diese einige Zeit gewirkt, so nimmt man sie mittelst eines Haarpinsels hinweg, gibt einen Tropfen Schwefelsäure zu und bedeckt mit einem hinreichend grossen Deckglase. Ein Eintrocknenlassen der wässerigen Jodlösung, sowie ein wiederholtes Trocknen mit derselben wird immer nur in einzelnen Fällen nothwendig, dagegen empfiehlt sich das erstere dann, wenn man alkoholische Jodlösungen verwendet.

Die blaue Färbung tritt in der Regel kurz nach der Einwirkung der Schwefelsäure ein, verbreitet sich aber erst nach längerer Zeit gleichmässig über das ganze Präparat, indem die Mischung nicht sogleich an allen Stellen gleich stark wirkt. Von den schon erwähnten Schwefelsäuregemischen gebraucht man für ein und dieselbe Untersuchung zweck-

mässig immer nur solche von gleicher Verdünnung, weil man dadurch leichter über den Grad des Verholzungsprocesses orientirt wird, während bei einem anderen Verfahren die Farbenabstufungen in dieser Beziehung keinen sichern Schluss gestatten.

Die Anwendung von Jod und Schwefelsäure ist, obwohl in ihrer Wirkung ziemlich sicher, doch nicht für alle Fälle geeignet, weil die letztere erstlich immer mehr oder minder zerstörend auf die Membran namentlich zarter Gewebe wirkt, und dann gerade bei solchen Geweben die Färbung oft nur während eines Momentes erscheint und rasch wieder verschwindet, so dass sie der Beobachtung wohl ganz entgehen kann.

In solchen Fällen empfiehlt sich der Gebrauch der langsamer und nie zerstörend wirkenden Chlorzinkjodlösung (oder eines anderen Gemisches aus einer Jodmetall- und Jodlösung), welche jedoch nie eine rein blaue, sondern immer eine mehr oder minder röthlich blaue bis violette Färbung hervorruft. Auch für die Erkennung sehr geringer Veränderungen des Zellstoffes ist dieses Reagens fast noch werthvoller, als die beiden vorhergehenden, da sich die geringste Verholzung schon durch eine Veränderung in der Färbung zu erkennen gibt. Endlich ist die Anwendung desselben weit weniger umständlich und zeitraubend und ist es zu empfehlen, die Reaction auf Zellstoff stets mit Chlorzinkjodlösung zu beginnen, und erst dann, wenn dieselbe nicht in der gewünschten Weise wirkt, zu Jod und Schwefelsäure überzugehen.

Schwefelsaures Kupferoxyd und Aetzkalilösung in der oben geschilderten Weise auf dünne Schnitte angewendet, bewirken eine Blaufärbung der nicht verholzten Zellwände, vorausgesetzt, dass das Präparat mit ihnen längere Zeit, oft einige Stunden, bis einen halben Tag in Berührung bleibt. Die Färbung ist zwar nicht so dunkel, wie bei den eben genannten Reagentien, jedoch intensiv genug, um noch bei den stärkeren Vergrösserungen wahrgenommen werden zu können. Verholzte Zellwände nehmen damit eine gelbe Färbung an.

Ein sorgfältiges Abspülen der Präparate, die man aus der Kupfervitriollösung genommen hat, ist hier noch mehr zu beachten, als bei der Reaction auf den Zelleninhalt, damit auch nicht eine Spur des Salzes mechanisch haften bleibt und Täuschung veranlasst. Erwärmung erhöht die Färbung nur wenig, kann aber dazu dienen, um den Beobachter völlig zu überzeugen, dass die Bläuung der Zellwände nicht von mechanisch anhaftendem Kupfersalz und demzufolge von ausgeschiedenem Kupferoxydhydrat herrührt, welches durch das Kochen sofort in schwarzes Kupferoxyd übergeführt werden würde.

Das Kupfer- oder Nickeloxyd-Ammoniak ist für den reinen Zellstoff ein Lösungsmittel, während es auf die verholzten Zellwände nur aufquellend wirkt. Werden die letzteren indessen durch vorhergehende Behandlung mit dem Schultz'schen Macerationsgemische oder mit Aetzkali der sogenannten incrustirenden Substanzen beraubt, so tritt dieselbe Wirkung ein, wie bei gänzlich unverholzten Zellwänden. Da das Reagens vor

der Lösung immer zuerst aufquellend wirkt, so eignet es sich namentlich sehr gut zum Studium der Quellungserscheinungen. Als Lösungsmittel hat es vor der concentrirten Schwefelsäure höchstens den Vorzug, dass die Zellstofflösung flüssig bleibt und nicht granulirt, sich folglich leichter aus solchen Präparaten auswaschen lässt, wo man z. B. die Intercellularsubstanz isoliren will und der von der Schwefelsäure immer bleibende Rückstand die Anschauung trübt.

Stärke. — Die Stärke, ein Product des Pflanzenkörpers, kommt in den thierischen Geweben nur da vor, wo sie durch und mit der Nahrungsflüssigkeit hingelangt ist, denn ob die sogenannten Corpuscula amylacea, welche in dem Gehirn und den Nerven der in Zersetzung begriffenen menschlichen Leichen beobachtet worden sind, aus Stärke bestehen, darüber scheint man noch nicht recht einig zu sein. In den Pflanzen erscheint sie in der Regel in Form von verschieden gestalteten Körnern, worauf in dem speciellen Theil zurückzukommen ist. Nur selten findet sie sich daselbst nach neueren Untersuchungen formlos. In dem thierischen Körper tritt sie dagegen minder häufig in ihrer natürlichen Form, sondern immer mehr oder weniger verändert, und durch den Verdauungsprocess gelöst, auf.

Wir besitzen in dem Jod ein sehr empfindliches Reagens für diese Verbindung, indem sie sich mit demselben zu Jodamylum vereinigt, welches durch seine intensiv blaue, leicht zu erkennende Färbung ausgezeichnet ist. Am geeignetsten fand ich für den Nachweis von Stärke unter allen Verhältnissen die wässerige Lösung von Jod-Jodkalium, da sie sich mit den Zusatzflüssigkeiten am leichtesten mischt, was bei der alkoholischen Lösung, welche manche Mikroskopiker vorziehen, nicht der Fall ist. Bei der Untersuchung des Inhaltes der thierischen Gewebe auf Stärke hat man sich zuvor zu überzeugen, ob die betreffende Materie nicht alkalisch ist. In diesem Falle nämlich würde die Stärkereaction ausbleiben, weil bei Anwesenheit freien Alkalis oder eines gelösten Alkalisalzes die Bildung von Jodstärke nicht vor sich gehen kann. Um das Gelingen der Reaction auf alle Fälle zu sichern, säuert man daher thierische Präparate durch irgend eine Säure, am besten verdünnte Essigsäure an, und gibt dann erst die Jodlösung zu.

Zucker. — Der Zucker kommt in zwei verschiedenen Modificationen, als Trauben- und Rohrzucker vor. Es hat daher ein Reagens nicht nur den Nachweis, sondern auch die Unterscheidung beider zu ermöglichen, wenn es für die mikrochemische Untersuchung von Bedeutung sein soll. Diesen Anforderungen genügt das Trommers'sche Reagens: schwefelsaures Kupferoxyd und Aetzkali nach den Untersuchungen von Dr. J. Sachs sowohl, als nach meinen eigenen Erfahrungen vollkommen. Behandelt man nämlich eine Lösung von Traubenzucker in der Kälte mit schwefelsaurem Kupferoxyd und setzt dann der Flüssigkeit Aetzkali im Ueberschuss

zu, so wird sie rein blau gefärbt. Dieselbe Reaction tritt bei der gleichen Behandlung einer Lösung von Rohrzucker ein. Soweit ist es also nicht möglich zwischen beiden Zuckerarten zu unterscheiden. Um sich zu überzeugen, ob man es mit der einen oder der anderen zu thun hat, muss man zum Kochen der Lösung schreiten. Erfolgt nach kurz andauerndem Kochen oder gar schon vor dem Kochen bei geringer Temperaturerhöhung ein Niederschlag von rothem Kupferoxydul in grösseren Körnern, welche sich wiederum zu umfänglichen Flocken vereinigen, so darf man mit Sicherheit auf das Vorhandensein von Traubenzucker schliessen. Stellt sich dieser charakteristische Niederschlag dagegen nicht sofort ein, so rührt die blaue Färbung von gelöstem Rohrzucker her. Dieser letztere gibt zwar nach länger fortgesetztem Kochen auch einen rothen Niederschlag, indem er zum Theil in Traubenzucker übergeführt wird; allein gerade die Länge der Zeit, während welcher die höhere Temperatur einzuwirken hat, gibt ein Unterscheidungsmerkmal an die Hand.

Gilt es den Nachweis des Zuckers innerhalb der Gewebe, so bringt man einen 2 bis 3 Zellenlagen dicken, dem schwefelsauren Kupferoxyd entnommenen, sorgfältig abgespülten Schnitt in ein Schälchen mit kochendem Aetzkali. Traubenzucker bewirkt dann eine prächtig rothe, Rohrzucker eine schön himmelblaue Färbung des Zellinhaltes, von denen die erstere durch den erwähnten Niederschlag veranlasst wird, während die letztere der Zellflüssigkeit angehört.

Eine zweite Reactionsmethode auf Zucker, bei der aber Trauben- und Rohrzucker nicht von einander unterschieden werden können, die in der Pflanzenhistiologie wegen der Anwesenheit von Stärke, Gummi u. s. w. gar nicht anwendbar ist und bei der nicht einmal immer sichere Resultate erreicht werden, wenn es sich um die Prüfung thierischer Substanzen handelt, ist die von Pettenkofer empfohlene. Das Reagens besteht hier aus einer Lösung von Ochsengalle in Schwefelsäure, die in der Art bereitet wird, dass man der ersteren solange concentrirte Schwefelsäure zusetzt, bis der anfänglich entstandene Niederschlag sich wieder gelöst hat. Bringt man diese Lösung zu einer zuckerhaltigen Flüssigkeit, so entsteht in derselben sofort eine violette Färbung. Ein gleiches Resultat wird erzielt, wenn die zuckerhaltige Flüssigkeit zuerst mit Ochsengalle gemischt und dann die Schwefelsäure tropfenweise zugegeben wird.

Auf ähnliche Weise würde sich der Zucker durch rosenrothe Färbung verrathen, wenn man zuerst Eiweiss und dann Schwefelsäure zusetzte.

Andere nur auf vereinzelte Fälle anwendbare Auffindungsweisen des Zuckers mögen, soweit es nöthig erscheint, in dem speciellen Theile ihre Erledigung finden.

Dextrin und Gummi. — Das Dextrin kann durch Behandlung mit schwefelsaurem Kupferoxyd und Aetzkali in ähnlicher Weise nachgewiesen werden, wie der Traubenzucker. Der entstandene Niederschlag zeichnet sich jedoch von dem durch Traubenzucker hervorgerufenen da-

durch aus, dass seine Körnchen viel kleiner sind und in Folge dessen lebhafte Molekularbewegung zeigen. Wo dieser Unterschied in der Form des Niederschlages nicht ausreicht, um die beiden genannten Stoffe zu unterscheiden, da führt die Anwendung von 90- bis 95procentigem Alkohol zum Ziele, welcher nach 10- bis 24stündiger Einwirkung den Traubenzucker, nicht aber das Dextrin auszieht. Werden Schnitte solcher Pflanzentheile, welche Kupferoxydulniederschläge ergaben, nach der Behandlung mit Alkohol wiederholt geprüft und es erfolgt rother Niederschlag, so ist man berechtigt, auf das Vorhandensein von Dextrin zu schliessen, während dessen Ausbleiben die Gegenwart von Traubenzucker anzeigt.

Eine Lösung von Gummi zuerst mit schwefelsaurem Kupferoxyd und dann mit einer hinreichenden Menge von Aetzkalilösung versetzt, gibt einen intensiv blauen, flockigen Niederschlag, der sich beim Kochen weder auflöst noch schwärzt, sondern in grössere Klumpen zusammenballt. Um denselben von dem gleichen, durch Stärke entstandenen Niederschlag zu unterscheiden, neutralisirt man das Kali mittelst Essigsäure und fügt Jodlösung hinzu. Rührt der Niederschlag von Stärke her, so quellen die zusammengeballten Klumpen auf und nehmen die tiefblaue Färbung der Jodstärke an.

Fette und fette Oele. — Fette, mögen dieselben nun im festen Zustande, amorph oder krystallisirt, oder flüssig in Tropfenform auftreten, ebenso die fetten Oele charakterisiren sich namentlich durch ihre Löslichkeit in Aether. Zweckmässig ist es, wenn man, da der Aether auf dem Objectträger auch unter dem Deckglase zu rasch verdunsten würde, um zu dem gewünschten Ziele zu führen, vor der Anwendung dieses Reagenses das Präparat erst trocknet und dann in einem bedeckten Uhrgläschen der Einwirkung desselben aussetzt.

Wo diese Substanzen an ein Alkali gebunden gleichsam verseift sind, da befreit man sie am besten durch Zusatz einer verdünnten Säure, welche das letztere bindet.

Ein vorzügliches Reagens auf Fette und fette Oele gewährt nach den Mittheilungen von M. Schultze und Rudneff die Ueberosmiumsäure, welche diesen Stoffen eine braune, schwarzbraune oder blauschwarze Färbung ertheilt, die mit grosser Entschiedenheit hervortritt.

Flüchtige Oele, Harze und Balsame. — Die flüchtigen Oele und Harze, sowie die Gemische aus flüchtigem Oel und Harz oder die sogenannten Balsame, welche nur für die Pflanzenhistiologie in Betracht kommen, zeichnen sich durch ihre Löslichkeit in Terpentinöl oder Alkohol aus, während die meisten derselben in Aether nicht gelöst werden.

Gerbstoffe. — Die Gerbstoffe gehören nach neueren Untersuchungen neben Stärkemehl und Eiweisskörpern zu den am weitesten

verbreiteten organischen Verbindungen des Pflanzenkörpers und es ist ihr Einfluss auf den ganzen Lebensprocess höchst wahrscheinlich von einer sehr erheblichen Bedeutung.

Eines der am frühesten angewendeten Erkennungsmittel dieser in verschiedenen Modificationen auftretenden Verbindungen bilden die Eisensalze und sind unter diesen namentlich das schwefelsaure Eisenoxydul, sowie das essigsaure Eisenoxyd als solches geeignet. Das hier und da empfohlene Eisenchlorid ist dagegen weniger brauchbar, da sich in einem Ueberschuss desselben der zuerst entstehende Niederschlag von gerbsaurem Eisenoxyd wieder auflöst.

Der mittelst Eisensalze hervorgerufene Niederschlag zeichnet sich durch seine schwarzblaue bis schwarzgrüne Färbung aus, welche namentlich bei auffallendem Lichte deutlich hervortritt, während er bei durchfallendem Lichte vermöge der Undurchsichtigkeit seiner Körner erkannt wird. Für die letztere Beleuchtungsweise bilden daher die Eisensalze dann keine gute Reagentien, wenn die Menge des Gerbstoffes eine nur geringe ist.

Besser eignet sich in diesem Falle das Aetzkali in Lösung. Die durch dasselbe unter Luftzutritt hervorgerufenen Oxydationsproducte bilden nämlich gelbroth bis braunroth gefärbte Verbindungen, welche eine so intensive Farbe besitzen, dass sie, selbst in sehr dünnen Schichten und auch dann, wenn die zu prüfende Lösung nur wenig Gerbstoff enthält, noch bei stärkeren Vergrösserungen deutlich hervortritt.

Neuerlich wurde von Dr. Sanio darauf aufmerksam gemacht, dass Chlorzinkjod in gerbstoffhaltigen Lösungen eine ziegelrothe, rosenrothe bis violettrothe Färbung hervorrufe, dass sich somit das schon für den Zellstoff wichtige Reagens auch für das Studium dieser Stoffe und ihrer Verbreitung um so mehr eignen dürfte, als es noch sehr geringe Mengen davon anzeige und die Reaction damit nie ausbleibe.

Ueberosmiumsäure wird von den Gerbstoffen äusserst schnell reducirt, so dass damit angefüllte Gewebe schon nach kurzem Verweilen in einer starken Lösung dieses Mittels eine tief schwarze Färbung annehmen.

Die zuletzt genannten Reagentien haben indessen auch ihre Nachtheile, die einer allgemeinen Verwendung im Wege stehen und das Urtheil unsicher machen. Die mittelst derselben im gerbstoffhaltigen Zellinhalte hervorgerufenen Verbindungen, beziehungsweise Niederschläge sind nämlich derart beschaffen, dass sie aus den durch den Schnitt geöffneten Zellen ausfliessen und sich in Folge dessen über benachbarte, gerbstofffreie Gewebe verbreiten. Hierdurch wird es völlig unmöglich, einen genauen Nachweis über die Verbreitung der betreffenden Verbindungen in den verschiedenen Zellenarten zu führen, selbst dann, wenn man die Reagentien nicht auf schon fertige Schnitte wirken lässt, sondern zuerst die betreffenden Pflanzentheile damit imprägnirt und erst später zur Anfertigung der Präparate schreitet.

In der allerneuesten Zeit ist aber von dem eben genannten Forscher

ein weiteres Reagens auf die Gerbstoffe empfohlen worden, welches allen Anforderungen entsprechen soll, indem die mittelst desselben hervorgerufenen Verbindungen neben einer intensiven Färbung auch eine solche Consistenz besitzen, dass eine Verunreinigung der benachbarten Gewebe nicht zu fürchten ist. Es ist dies das doppelt-chromsaure Kali, mit welchem die Gerbstoffe eine compacte, im durchfallenden Lichte intensiv rothbraune Verbindung bilden. Dieses Salz darf jedoch ebenso wenig wie die anderen Reagentien auf fertige Schnitte angewendet werden, weil sich die in dem Wasser des Objectträgers löslichen Gerbstoffe über davon freie Zellenpartieen verbreiten und vermöge der Endosmose selbst in die Membranen eindringen und Täuschungen veranlassen könnten. Pflanzentheile, welche man auf Gerbstoffe und deren Verbreitung untersuchen will, bringt man daher am zweckmässigsten in nicht zu grossen, vorher etwas trocken gewordenen Stückchen in eine mässig concentrirte Lösung des Reagenses und lässt sie darin etwa 7 bis 8 Tage liegen. Im Verlaufe dieser Zeit wurde der ganze Pflanzentheil hinreichend von der Lösung durchdrungen und es hat sich die vorerwähnte Verbindung in allen gerbstoffhaltigen Zellen gebildet. Nun erst fertigt man zarte Quer- und Längsschnitte an, welche den gewünschten Aufschluss gewähren. Es ist indessen hierbei die Vorsichtsmaassregel anzuwenden, dass man vor Anfertigung der zur Untersuchung bestimmten Schnitte die freien End- und Schnittflächen des durchtränkten Pflanzentheiles durch einen tiefen Schnitt wegnimmt, weil auf denselben der beim früheren Durchschneiden ausgetretene Gerbstoff sich ausgebreitet haben könnte und die Resultate der Untersuchung trüben würde.

Intercellularstoff. — Der vegetabilische Intercellularstoff ist ein Derivat der Kohlehydrate, wahrscheinlich einer Gummiart. Er nimmt nach der Behandlung mit concentrirter Salpetersäure eine tiefgelbe Farbe an und wird in ähnlicher Weise, doch mehr gelbbraun gefärbt durch die Behandlung mit Jod und Schwefelsäure oder mit Chlorzinkjod. Von dem Zellstoff unterscheidet er sich namentlich durch sein Verhalten gegen Aetzkali und Schwefelsäure. In dem ersteren wird er nach und nach und namentlich unter Anwendung von Wärme aufgelöst, während die letztere ihn ungelöst inmitten des gelösten Zellstoffes zurücklässt.

Die thierischen Kittsubstanzen stammen höchst wahrscheinlich von verschiedenen aus dem Protoplasma erzeugten Verbindungen ab und bewahren in Folge dessen Unterschiede, die ihr vielfach wechselndes Verhalten gegen jene chemischen Mittel bedingen, welche verändernd oder lösend auf sie wirken. Ein näheres Eingehen auf dieselben würde deshalb hier nicht am Platze sein.

ACHTER ABSCHNITT.

DIE MIKROSKOPISCHE MESSUNG.

Schon in dem vorhergehenden Abschnitte ist kurz darauf hingewiesen worden, dass die Grössenbestimmung der mikroskopischen Objecte ein höchst wichtiges Hilfsmittel der Beobachtung bildet. Auch hatte man dies bereits in den ersten Zeiten erkannt, als man das Mikroskop für wissenschaftliche Untersuchungen zu gebrauchen begann, und mancherlei, wenn auch unzureichende Mittel in Anwendung gebracht, um die wahre Grösse der durch das Mikroskop beobachteten Gegenstände zu ermitteln. Von Robert Hooke ist bekannt, dass er das Doppeltsehen zu diesem Zwecke anwendete, indem er das durch das eine Auge in dem Gesichtsfelde des Mikroskopes beobachtete Object auf einen mittelst des zweiten Auges gesehenen Maassstab projicirte. Wenn die von diesem Forscher mittelst einer noch heut zu Tage gebräuchlichen Messungsmethode erzielten Resultate auch höchst ungenaue waren, so hatte dies seinen Grund nicht in der letzteren, sondern in dem Umstande, dass ihm die geeigneten Mittel fehlten, um die Vergrösserung seiner Mikroskope mit der erforderlichen Genauigkeit zu bestimmen. Die später von Leeuvenhoek angewendete Methode war schon an und für sich eine unvollkommene. Derselbe nahm nämlich möglichst rein geschlemmte Sandkörnchen oder kleine Samen, von denen er vorher bestimmt hatte, wie viele auf eine Linie gehen, streute dieselben unter die mikroskopischen Objecte und verglich nun direct die Grösse der letzteren mit der bekannten Grösse der ersteren. War schon der Vergleich der neben einander im Gesichtsfelde befindlichen Gegenstände keineswegs geeignet, ein befriedigendes Resultat zu liefern, so wurde dieses auch noch dadurch beeinträchtigt, dass die als Maasseinheit benutzten Objecte

in ihren relativen Grössenverhältnissen immer mehr oder minder von einander abwichen. In letzterer Beziehung war das von Jurin etwa um dieselbe Zeit ersonnene Verfahren weit zweckmässiger, indem es die Möglichkeit gewährte, den Durchmesser eines Objectes mit einem Maassstabe zu vergleichen, dessen Grösse in Theilen des gebräuchlichen Längenmaasses mit grosser Genauigkeit bestimmt werden konnte. Jurin benutzte nämlich als Maasseinheit für seine mikroskopischen Messungen kleine Stückchen gleichmässig gezogenen feinen Silberdrahtes, welche er mit dem zu messenden Objecte zugleich in das Gesichtsfeld brachte. Den Durchmesser dieser Drahtstückchen hatte er vorher genau auf folgende Weise bestimmt. Ein längeres Stück des feinen Drahtes wurde auf einen dickeren Draht oder anderen Metallcylinder so dicht aufgewunden, dass zwischen den einzelnen Windungen auch nicht der geringste Zwischenraum blieb, dann eine bestimmte Anzahl der Windungen mittelst des Zirkels gemessen und das gefundene Maass durch die Anzahl der Windungen dividirt. Der so erhaltene Quotient gab den Durchmesser des feinen Drahtes an. Gingen z. B. 500 Windungen auf die Länge eines Zolles, so betrug der Durchmesser des Drahtes $^1/_{500}$ Zoll oder $^1/_{50}$ Linie.

Doch auch dieses Verfahren war keineswegs geeignet, das gewünschte Ziel zu erreichen, und man bestrebte sich bald, eigene Instrumente für die mikroskopische Messung, d. h. Mikrometer im wahren Sinne des Wortes zu verfertigen und bessere Messungsmethoden an die Stelle dieser älteren Verfahrungsweisen zu setzen. Die verschiedenen Versuche anzuführen, welche während der letzten zwei Jahrhunderte unternommen worden sind und welche sich bald dem Schraubenmikrometer, bald dem Glasmikrometer zuwendeten, würde uns hier zu weit führen. Gegenwärtig sind die in dem sechsten Abschnitte beschriebenen Mikrometer in Gebrauch, und wenn auch die Schraubenmikrometer in hinreichender Vollkommenheit nur von einzelnen Werkstätten geliefert werden, so kann man doch von den meisten Optikern Glasmikrometer erhalten, welche bei Anwendung der im Folgenden zu besprechenden Vorsichtsmaassregeln vollkommen brauchbare Resultate liefern.

Man wird sich allerdings auch mit diesen besseren Hilfsmitteln ausgerüstet in den meisten Fällen der organischen Entwickelungsgeschichte sowohl, als der Beobachtung des Fertigen, ohne eine absolute Genauigkeit der Grössenangabe fordern zu können, auf Mittel- und Grenzwerthe gewisser gleichartiger Gewebetheile und Elementarorgane beschränken müssen, welche unter einander immer mehr oder weniger an Grösse abweichen. Gerade diese aber gewinnen dadurch einen hohen Werth für die Charakterisirung eines bestimmten ausgebildeten, oder in einem gewissen Entwickelungsstadium sich befindenden Objectes, dass sie bei umsichtiger Ausführung der einzelnen mikrometrischen Beobachtungen dessen Grösse in bestimmte Grenzen einschliessen, welche bei normalem Entwickelungsgange nicht überschritten werden. Aus diesem Grunde ist es denn auch überall da, wo die Grössenbestimmung dieser Grenz- resp. Mittelwerthe

unter die charakteristischen Kennzeichen eines Objectes aufzunehmen für nothwendig befunden wird, durchaus erforderlich, dass die Messung mit der grössten Vorsicht vorgenommen und für die höchst mögliche relative und absolute Genauigkeit ihrer Resultate Sorge getragen wird.

Diese Genauigkeit hängt aber von Zweierlei ab, erstlich von der Güte des gebrauchten Mikrometers, dessen Theilung nicht nur möglichst gleichmässig ausgeführt, sondern auch so beschaffen sein muss, dass die einzelnen Intervalle wirklichen Unterabtheilungen irgend eines Normalmaasses entsprechen, und dann von der in Anwendung gebrachten Messungsmethode.

In ersterer Beziehung ist zu beklagen, dass die in Gebrauch befindlichen Mikrometer sowohl mit Fehlern in Bezug auf die absolute Grösse jener Unterabtheilungen des angenommenen Normalmaasses, welche angeblich auf denselben getheilt sind, als auch mit mehr oder minder bedeutenden relativen Theilungsfehlern behaftet sind, die zum Theil auf der Unvollkommenheit der zu ihrer Herstellung verwendeten mechanischen Vorrichtungen beruhen. Hier müssten es sich zunächst die Mechaniker zur Aufgabe machen, solche Vorkehrungen zu treffen, dass die bisher einwirkenden Fehlerquellen möglichst beseitigt werden. Dann aber sollten es dieselben als ihre Pflicht ansehen, die Abweichung der von ihnen getheilten Unterabtheilung des Normalmaasses von ihrer wahren Grösse, sowie die Ungleichheiten zwischen den einzelnen Abtheilungen ihrer Mikrometer, soweit dieselben eben nicht zu beseitigen sind, offen darzulegen und deren Grösse genau zu bestimmen, um dem Mikroskopiker die Möglichkeit zu gewähren, durch hierauf sich stützende, entsprechende Correctionen ihre, mittelst directer Messung erhaltenen fehlerhaften Resultate in richtige und vergleichbare umzuwandeln.

So lange es indessen von den Mechanikern und Optikern nicht als eine Verpflichtung erkannt wird, diese Bestimmungen vorzunehmen, bleibt es Aufgabe des Mikroskopikers, dieselben eigenhändig zu erledigen, weshalb wir uns etwas eingehender mit diesen Arbeiten beschäftigen müssen.

1. Prüfung der Mikrometer.

Zur Bestimmung der wahren Grösse der ganzen getheilten Unterabtheilung des Normalmaasses sowohl als der einzelnen Unterabtheilungen eines Mikrometers — abgesehen von den Theilungsfehlern — sind mehrere Methoden vorgeschlagen worden, von denen wir uns auf die beiden folgenden beschränken wollen, welche in gewissem Grade ihrem Zwecke entsprechen. Harting (Das Mikroskop etc. Seite 503 u. folg.) empfiehlt als für die Lösung dieser Aufgabe sehr geeignet das schon von Jurin angewendete, weiter oben erwähnte Mittel, die Dicke eines feinen Drahtes in Maasstheilen eines entsprechenden Mustermaasses zu bestim-

men und hiermit das betreffende Mikrometer oder dessen Unterabtheilungen zu vergleichen.

Um auf diese Weise einen möglichst genauen Mustermaassstab zu erhalten, sind nach genanntem Mikrographen folgende Umstände auf das Sorgfältigste zu beachten.

1. Der zum Umwinden genommene Draht muss überall gleiche Dicke haben, wovon man sich durch vorherige Untersuchung zu überzeugen hat.

2. Da der Draht (Claviersaite) nach dem einen Durchmesser immer dicker ist als nach dem rechtwinklig auf ihm stehenden, so müssen alle späteren Messungen auf der bei dem Aufwinden dem Auge zugekehrten, breiteren Seite vorgenommen werden.

3. Der feine Draht muss um einen ziemlich dicken, 8 bis 9^{mm} messenden Eisendraht gewunden werden. Dann hat man nöthigenfalls sich unter dem Mikroskope zu überzeugen, dass die Windungen gehörig aneinanderschliessen, weil davon zum grössten Theile die Genauigkeit des Resultates abhängt.

4. Die Umwindung wird am besten auf der Drehbank vorgenommen, weil man dann eher im Stande ist, die Anzahl der Windungen zu bestimmen, indem man die Umdrehungen der obersten Scheibe zählt.

5. Die Länge sämmtlicher Windungen muss mit der grössten Genauigkeit und mittelst eines als vollkommen genau bekannten Maassstabes gemessen werden.

Bei der Prüfung der Schraubenmikrometer mittelst dieser Methode verfährt man in derselben Weise, wie dies später auseinandergesetzt werden wird, und sieht zu, inwieweit die an Scala und Trommel abgelesene Grösse mit dem Maassstabe übereinstimmt oder nicht. Ist dagegen ein Glasmikrometer zu prüfen, so legt man entweder den Draht unmittelbar auf die zu prüfende Theilung und vergleicht beide direct mit einander, oder, was ich für weit genauer halte, man fasst mittelst der Camera lucida die Grenzen des Drahtes zwischen zwei feine Bleistiftlinien ein und vergleicht dieses Maass mit der auf gleiche Weise gezeichneten Theilung.

Diese Methode ist allerdings für Jedermann zugänglich, leicht ausführbar und liefert auch bei der ausserordentlichen Genauigkeit, mit der die Dicke des Maassdrahtes sich bestimmen lässt, annähernd richtige Resultate, mit denen man für manche Fälle recht gut ausreichen kann. Sie steht indessen in Bezug auf die grösste Genauigkeit noch ziemlich weit hinter den besseren Messungsmethoden, deren wir uns sonst bedienen, zurück, und möchte daher für die feinsten Bestimmungen kaum zu empfehlen sein. Die auf die Genauigkeit des Resultates fehlerhaft einwirkenden Verhältnisse sind namentlich folgende.

Erstlich gibt es keinen Draht, der auf eine so grosse Länge einen völlig gleichen Querschnitt, also gleiche Dicke hat. Selbst der von Harting verwendete Musterdraht, dessen Dicke von ihm auf $0{,}13359^{mm}$ be-

stimmt wurde, zeigt nach den von Dr. Place vorgenommenen Messungen auf eine Länge von 40^{mm} Differenzen im Verhältnisse von etwa 100 : 102.

Zweitens erhält man durch die vorgenommene Messung niemals den wirklichen Durchmesser, sondern einen etwas höheren Werth, der um so mehr von dem ersteren abweicht, je dünner der Cylinder ist, um welchen der Draht gewunden wurde.

Drittens ändert sich der Querschnitt des Drahtes sowohl beim Aufwinden desselben als beim Abwickeln in bestimmbarer Grösse, was auf das Resultat der Messung nicht ohne Einfluss bleibt.

Endlich ist es bei dem späteren Vergleichen des Drahtes mit irgend einem Glasmikrometer nicht möglich, den ersteren so scharf einzustellen, wie dies zu einer genauen Messung nothwendig erscheint. Man erhält nämlich nie ein scharfes Bild des Drahtes, sondern es erscheint dasselbe in Folge der Interferenzen des Lichtes am Rande immer mehr oder minder verwischt. Aus diesem Grunde ist man denn auch niemals sicher, ob man den wahren Durchmesser in Vergleich gezogen habe oder nicht.

Zu weit genauerem und zuverlässigerem Resultate führt die von Dr. Fr. Place erdachte, unmittelbar zwar nur auf Glasmikrometer, indirekt aber auch auf alle übrigen Mikrometer anwendbare Methode, das Mikrometer mit Verschiebungen von genau bekannter Grösse zu vergleichen. Die Ausführung lässt mancherlei Modificationen zu, die auch von dem Verfasser der genannten Schrift versucht worden sind. Als die geeignetste hat er die folgende erkannt, auf die wir indessen auch nur andeutungsweise eingehen können, indem für das Ausführlichere auf das citirte Schriftchen verwiesen werden muss.

Der von Place benutzte Apparat (Fig. 234, a. f. S.) besteht:

1. Aus einem Rahmen *R*, der mittelst zweier Schrauben an dem Stative, von dem der Tisch entfernt ist, angeschraubt wird;

2. aus einer von dem Rahmen ausgehenden Latte *L* von 500^{mm} Länge, welche sich in der Mitte in ein Kreuz verbreitert, um die weiter unten beschriebenen beweglichen Stücke zu unterstützen. Etwa 400^{mm} vom Rahmen entfernt trägt diese Latte eine Erhöhung, gleich der Dicke eines der beweglichen Arme, deren Zweck sich aus der Figur ersehen lässt;

3. aus einem von der Latte abgeschnittenen Klötzchen, welches sich in dem Rahmen leicht und ohne Spielraum bewegt. Auf dasselbe ist eine dicke, klare Spiegelglasplatte aufgekittet, welche das zu untersuchende Mikrometer aufnimmt. Das Ganze bildet somit einen Schlitten, mittelst dessen die Verschiebungen ausgeführt werden;

4. aus zwei kürzeren, gleich grossen, etwa 220^{mm} langen Lättchen *A*, *A*, von denen das eine von dem Schlitten aus nach dem Kreuze führt, während das zweite auf dieser und der oben erwähnten Erhöhung der grösseren Latte aufliegt. Beide Lättchen haben in *a*, *b* und *c* Drehpunkte.

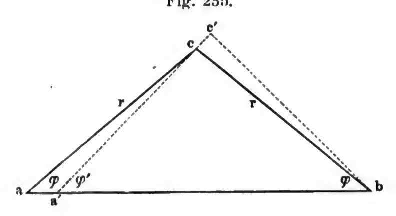
Am hinteren, dem Stative abgewendeten Ende wird der Apparat mittelst eines passenden, den in den chemischen Laboratorien gebrauchten

Retortenhaltern ähnlichen Halters getragen. Das Ocular, welches man zu diesen Untersuchungen benutzt, hat am besten ein Fadenkreuz, um recht genau einstellen zu können.

Für meinen Gebrauch habe ich die Vorrichtung etwas abgeändert, indem ich erstlich dem Rahmen eine solche Einrichtung gab, dass er mittelst zweier Stifte in den für die Federklammern bestimmten Vertiefungen des Objecttisches eingesteckt werden konnte, und dann die Dimensionen der Compendiosität halber etwa auf die Hälfte verringerte, so dass die Hauptlatte eine Länge von 250^{mm}, die kleinen Lättchen eine solche von 110^{mm} erhielten.

Es ist nun aus Fig. 235 leicht zu ersehen, wie

Fig. 235.



eine gewisse Verschiebung $V = aa'$ des Schlittens eine entsprechende Aenderung der Grösse beider Winkel φ und φ an der Grundlinie des gleichschenkligen Dreiecks abc hervorbringen muss und wie umgekehrt aus der Grösse der Drehung der Schenkel, welche auf einfache Weise an einem in dem Drehpunkte c des Apparates aufgelegten, genau centrirten Transporteur oder auch mittelst Spiegel und Scala abgelesen wird, die entsprechende Länge eines mittelst des Schlittens durch das Gesichtsfeld des Mikroskopes geführten Mikrometers gefunden werden kann.

Fig. 234.

Vorrichtung zur Prüfung der Glasmikrometer.

Bezeichnet man nämlich die bei der Verschiebung durchlaufene Strecke mit v, die beiden beweglichen Latten mit r, so ist aus trigonometrischen Gründen:

$$v = 4r. \sin^2 \frac{1}{2} \varphi \text{ *)}.$$

Ein Beispiel wird das ganze Verfahren vollkommen deutlich machen.

*) Ueber die Ableitung dieser Formel s. Place a. a. O. S. 49 u. f.

Die Untersuchung bezieht sich auf ein von L. Bénèche im Jahre 1854 bezogenes Ocularglasmikrometer, worauf 5^{mm} in 50 Theile getheilt sind und bei dem jedesmal auf die langen, vollen Millimetern entsprechenden Theilstriche der Scala eingestellt wurde. Die Länge der beiden Schenkel hatte ich mittelst eines aus Paris bezogenen Etalons zu $102{,}4^{mm}$ gefunden. Die mittelst eines sehr genau getheilten Transporteures, der Minuten schätzen liess, vorgenommenen Ablesungen ergaben:

für eine Verschiebung		
von 1^{mm} des Mikrometers	$\varphi = 5^0\ 41'$;	$\frac{1}{2}\varphi = 2^0\ 50'\ 30''$
„ 2^{mm} „ „	$\varphi = 8^0\ 7'$;	$\frac{1}{2}\varphi = 4^0\ 3'\ 30''$
„ 3^{mm} „ „	$\varphi = 9^0\ 52'$;	$\frac{1}{2}\varphi = 4^0\ 56'$
„ 4^{mm} „ „	$\varphi = 11^0\ 22'$;	$\frac{1}{2}\varphi = 5^0\ 41'\ 30''$
„ 5^{mm} „ „	$\varphi = 12^0\ 42'$;	$\frac{1}{2}\varphi = 6^0\ 21'$

Daraus ergibt sich:

für eine Verschiebung		
von 1^{mm} des Mikrometers	$\log 4r \,.\, \sin^2\frac{1}{2}\varphi = 0{,}0029047$;	$v = 1{,}006^{mm}$
„ 2^{mm} „ „	$\log 4r \,.\, \sin^2\frac{1}{2}\varphi = 0{,}3132699$;	$v = 2{,}056$
„ 3^{mm} „ „	$\log 4r \,.\, \sin^2\frac{1}{2}\varphi = 0{,}4813221$;	$v = 3{,}029$
„ 4^{mm} „ „	$\log 4r \,.\, \sin^2\frac{1}{2}\varphi = 0{,}6051605$;	$v = 4{,}028$
„ 5^{mm} „ „	$\log 4r \,.\, \sin^2\frac{1}{2}\varphi = 0{,}6998833$;	$v = 5{,}010$
15^{mm} des Mikrometers sind also		$= 15{,}129^{mm}$

und es hat somit jedes Millimeter des Mikrometers eine Länge von $1{,}0086^{mm}$.

So genau die Resultate dieser Methode sind, und so sehr sich dieselbe den Optikern für die Prüfung der aus ihren Werkstätten hervorgehenden Mikrometer empfehlen lässt, so dürfte sie doch für den praktischen Mikroskopiker, der es sich nicht speciell zur Aufgabe gesetzt hat, mikrometrische Untersuchungen vorzunehmen, etwas umständlich und nicht immer mit der nöthigen Verlässlichkeit ausführbar sein. Denn zunächst wird man sich eben nicht aller Orten in den Besitz eines vollkommen schön gearbeiteten Apparates setzen können, und dann gelingt es auch nicht leicht, sich einen vollständig genauen Etalon zu verschaffen, mittelst dessen die Längen der beiden beweglichen Latten auf das Sorgfältigste gemessen werden müssen, wenn man hinreichend genaue Resultate erlangen will. Zur Erzielung der höchsten Genauigkeit dürfte es sich namentlich empfehlen, den ganzen Apparat aus Metall fertigen zu lassen, so dass gut abgeschliffene und geölte Metallbahnen aufeinander gleiten. Ferner müsste die Verschiebung des Schlittens nicht mit der freien Hand, sondern mittelst einer Schraube ausgeführt und die Grösse der Drehung durch Spiegel und Scala gemessen werden.

2. Messungsmethoden.

Der Messungsmethoden wurden im Laufe der Zeit mancherlei ersonnen und ausgeführt, deren gegenwärtig noch mehre im Gebrauche sind und von denen dem Ziele einer möglichst hohen Genauigkeit und Verlässlichkeit die eine mehr, die andere minder nahe kommt. Absolut genaue Resultate können auch unter den gegenwärtigen Verhältnissen, wo doch die optische Vollkommenheit der Mikroskope einen sehr hohen Grad erreicht hat, bei keiner einzigen erzielt werden. Selbst die Annäherung an eine solche bleibt eine mehr oder weniger bedeutende, je nach der wirklichen Grösse der zu messenden Objecte. Eine maassgebende Regel über die Grenze, bis zu welcher die Genauigkeit zu gehen habe, lässt sich nicht aufstellen. Im Allgemeinen dürfte aber für die allerfeinsten Messungen eine Fehlergrenze von $^1/_4$ bis $^1/_{10}$ Proc. diejenige sein, mit der man sich zufrieden geben kann und über die hinauszukommen vorläufig wohl kaum möglich sein dürfte. Ja in den meisten Fällen und namentlich bei sehr kleinen Objecten werden die mikroskopischen Messungen noch weit hinter dieser Grenze zurückbleiben, indem die begangenen Fehler nicht selten bis zu $^1/_2$ und 1 Proc. ja darüber hinaus ansteigen.

Inwieweit die einzelnen mehr oder weniger allgemein angewendeten Messungsmethoden im Stande sind, dieses Ziel der Genauigkeit zu erreichen, haben wir im Verlaufe unserer Darstellung zu untersuchen und darzulegen, wobei es sich zeigen wird, dass ein und die andere wirklich im Stande ist, alles zu leisten, was man verlangen kann.

Messung mittelst Glasmikrometern. — Am einfachsten zu gebrauchen sind unter allen Messungsvorrichtungen die Glasmikrometer. Dieselben haben auch die weiteste Verbreitung und befinden sich wohl in den Händen der meisten Mikroskopiker, da sie ihres verhältnissmässig geringen Preises halber Jedem leicht zugänglich sind, was von den Schraubenmikrometern, mit deren Anfertigung sich ausserdem nur wenige Mechaniker befassen, nicht gesagt werden kann. Ausserdem werden Glasmikrometer in der neueren Zeit von den meisten der bekannten optischen Werkstätten von solcher Schönheit der Ausführung, verbunden mit möglichster Genauigkeit der Theilung geliefert, dass sie in mechanischer Beziehung fast allen Anforderungen entsprechen und die ihnen früher von manchen Seiten gemachten Vorwürfe zum grossen Theil als beseitigt betrachtet werden können. Hat man sich zudem einmal über die etwaigen Fehler in Bezug auf die wirkliche Grösse der getheilten Unterabtheilung des gewählten Normalmaasses, sowie auf die relative Grösse der einzelnen Abtheilungen unterrichtet, so gewähren die damit ausgeführten Messungen eine solche Genauigkeit, dass man sich je nach der angewendeten Methode für eine grosse Anzahl oder alle Fälle auf die erhal-

tenen Resultate verlassen kann, ohne zu anderen Messapparaten greifen zu müssen.

Um die relative Grösse der einzelnen Intervalle verschiedener Mikrometerscalen zu ermitteln und die für mit einer der beiden Arten von Glasmikrometern ausgeführten Messungen nothwendigen Correctionstafeln anzufertigen, wähle man irgend eine der genauesten Messungsmethoden. Am sichersten führen für denjenigen, dem ein Schraubenmikrometer nicht zur Verfügung steht, die auf Seite 388 und 394 beschriebenen Methoden mittelst der Camera lucida zum Ziele. Man muss dabei jedoch streng darauf achten, dass man immer nur die Mitte des Gesichtsfeldes zur Messung benutzt, und die beiden, je ein Intervall begrenzenden Mikrometerstriche zwischen zwei ganz zarte Bleistiftlinien einfasst, indem von den nach derselben Seite gewendeten Rändern ausgegangen wird.

Um ein Beispiel zu geben, wie diese Arbeit vorzunehmen ist, will ich das Messungsresultat der fünf ersten Intervalle eines Ocular-Glasmikrometers von Zeiss folgen lassen, auf dem 5^{mm} in 50 Theile getheilt sind. Die dabei zu Grunde liegende Scale enthält 16163 Einheiten auf 1^{mm}.

a.	b.	c.	d.	e.	f.
I.	1610	1610	1616	— 6	— 0,00037
II.	1622	3232	3232	0	0,00000
III.	1620	4852	4848	+ 4	+ 0,00025
IV.	1616	6468	6464	+ 4	+ 0,00025
V.	1608	8076	8080	— 4	— 0,00025

a. enthält die Nummern der Intervalle;

b. gibt die gemessene Grösse der einzelnen Intervalle an;

c. enthält die Summe der aufeinanderfolgenden Werthe von *b*, d. h. die Entfernungen der betreffenden Theilstriche vom 0-Punkt der Scala an;

d. gibt die Grösse, welche die Werthe unter *c* haben sollten, wenn die Theilung vollständig regelmässig wäre;

e. enthält die Differenzen der Grössen unter *c* und *d* in Scalentheilen,

f. diese Differenzen in $^1/_{100000}$ des Millimeters, die man dem Nennwerthe der Entfernung der Striche vom 0-Punkte der Scala an hinzuzuzählen hat, um den wahren Werth derselben zu erhalten. Man berechnet dieselben durch Division von *e* durch 1616.

Die Summe der ersten fünf Intervalle beträgt demnach $0{,}4^{mm}$ weniger $0{,}00025^{mm}$, d. h. $0{,}39975^{mm}$ *), mit anderen Worten: Ein Object,

*) Die Differenzen sind bei diesem Mikrometer so unbedeutend, dass sie, ohne das Resultat der Messung wesentlich zu beeinflussen, vernachlässigt werden können.

das gerade von den fünf ersten Intervallen gedeckt wird, entspricht eigentlich statt 0,4^{mm} nur dem Werthe von 0,39975^{mm}.

Wenden wir uns jetzt zum Gebrauche der Glasmikrometer, so ist zunächst zu berücksichtigen, dass es deren zwei Arten gibt, von denen man die eine als Object gebraucht, während die andere ins Ocular eingelegt wird.

Objectmikrometer. — Die Object-Glasmikrometer gewähren den Vortheil, dass man für alle Combinationen von Objectivsystemen und Ocularen in deren Unterabtheilungen einen ein- für allemal bestimmten Werth besitzt, der keine weitere Umrechnung erforderlich macht.

Die einfachste Art und Weise der Messung mittelst dieses Mikrometers besteht darin, dass man ihn zum Träger für diejenigen Objecte benutzt, deren Grösse ermittelt werden soll. Da man hierbei die Objecte sowohl als die Theilstriche des Mikrometers zugleich übersieht, so lässt sich leicht abzählen, wie viele ganze Intervalle des letztern dem zu messenden Gegenstande entsprechen, während etwaige Bruchtheile einer Abtheilung noch ziemlich sicher bis auf $^1/_{10}$ geschätzt werden können.

Reicht diese Messungsmethode auch für manche mikroskopische Objecte von zarter Beschaffenheit recht gut aus und gewährt für diese ziemlich genaue Resultate, indem man je nach Umständen bis auf $^1/_{1000}{}^{mm}$ genau messen kann, so lässt sie sich doch im Allgemeinen nicht empfehlen. Was ihr entgegensteht, ist zunächst die Rücksicht, die man auf das Mikrometer selbst zu nehmen hat. Wie vorsichtig man auch bei der jedesmaligen Reinigung desselben zu Werke gehen mag, so wird es doch immer mehr oder weniger leiden und nach und nach unbrauchbar werden. Dann ist man in Bezug auf die Beschaffenheit der zu messenden Objecte ziemlich beschränkt, da es, um genaue Resultate zu erhalten, durchaus nothwendig ist, den Rand der ersteren und die Theilstriche des Mikrometers mit gleicher Schärfe zu sehen. Dies hört aber auf, sobald der Gegenstand eine einigermaassen beträchtliche Dicke erreicht, und je stärker die Vergrösserung ist, desto eher tritt dieser Umstand ein. Die Verwendung minder starker Vergrösserungen würde zwar diesen Uebelstand etwas zu mässigen oder auch ganz zu beseitigen im Stande sein, aber damit hätte man wieder nur wenig erreicht, weil dieselben weniger fein getheilte Mikrometer bedingten, wodurch die Grenze der Genauigkeit herabgedrückt würde.

Empfehlenswerther ist der Gebrauch des Object-Glasmikrometers in Verbindung mit dem S. 244 beschriebenen Spitzen-Ocular. Mittelst dieser Messungsmethode, bei der das Bild des Objectes sowohl, als die Theilstriche des Mikrometers in voller Schärfe zwischen den feinen Spitzen der Nadeln erblickt werden, erreicht man für manche Zwecke und für nicht zu kleine Objecte eine genügende Genauigkeit. Ausserdem ist dieselbe wenig umständlich und bequem anzuwenden und der Messungsapparat verursacht wenig Kosten. Zur Ausführung der Messung bringt

man den Gegenstand möglichst genau in die Mitte des Gesichtsfeldes und stellt bei haarscharfer Einstellung desselben die feinen Nadelspitzen des Oculares so ein, dass sie die gegenüberstehenden Ränder des Bildes gerade berühren. Hierauf nimmt man das Object hinweg und bringt an dessen Stelle einen Glasmikrometer, dessen zwischen den beiden Spitzen befindliche Abtheilungen sich leicht zählen lassen. Etwaige Bruchtheile einer Abtheilung kann man bis auf $^1/_{10}$, ja bei einiger Uebung sogar bis auf $^1/_{20}$ schätzen. In Bezug auf die Grösse der Intervalle des Mikrometers ist man nicht an enge Grenzen gebunden, indem sowohl gröbere, als feinere, bis zu $^1/_{500}{}^{mm}$ gehende Theilungen benutzt werden können. Nach meinen Erfahrungen reicht jedoch ein Mikrometer vollkommen aus, bei dem der Millimeter in 100 Theile getheilt ist, da man sich für die feineren Messungen doch nicht mit dieser Methode wird begnügen können.

Was die Fehlerquelle betrifft, welche daraus erwachsen soll, dass die Lichtstrahlen an den Nadelspitzen eine Beugung erleiden, wodurch man verhindert wird, die letzteren genau auf die Ränder des Objectes und die Theilstriche des Mikrometers einzustellen, so ist dieselbe lange nicht so erheblich, als man anzunehmen pflegt. Auch die Fehler in der Theilung des Mikrometers können dabei ebenso leicht unschädlich gemacht werden wie bei jeder anderen Messungsmethode. Will man sich der möglichst hohen Genauigkeit versichern, so kann man bei Wiederholung der Messungen mit den Objectivsystemen wechseln.

Wieweit man sich auf die nach dieser Methode erhaltenen Resultate verlassen könne, mögen die Probemessungen der Breite einer genau bestimmten Stelle des Spiralbandes einer Lebermoosschleuder darthun.

Es betrug bei einer 570fachen Vergrösserung das Mittel aus 10 Messungen $0{,}0030^{mm}$, während dasselbe bei einer 950fachen Vergrösserung $0{,}0028^{mm}$ ausmachte. Es stellte sich somit die Differenz zwischen diesen beiden Messungsreihen auf $0{,}0002^{mm}$, was allerdings nicht weniger als $^1/_{15}$ von der Grösse des gemessenen Objectes beträgt.

Günstiger gestaltet sich das Verhältniss bei grösseren Gegenständen. So betrug z. B. die Differenz zwischen den zwei Messungsreihen eines Stärkekornes nur $0{,}0003^{mm}$, indem bei einer 570maligen Vergrösserung dessen Durchmesser $= 0{,}0120^{mm}$, bei einer 950maligen $= 0{,}0123^{mm}$ gefunden wurde. Dieselbe macht somit nur $^1/_{40}$ des Objectes aus.

Weit sicherere und für alle Fälle genügende Resultate liefert die Anwendung des Objectglasmikrometers in Verbindung mit der Camera lucida. Im Allgemeinen beruht diese Methode darauf, dass das vergrösserte Bild des Objectes auf einer Fläche projicirt und entweder mittelst eines hierzu besonders angefertigten, oder mittelst eines gewöhnlichen Maassstabes gemessen wird. Dieselbe lässt in der Ausführung mancherlei Modificationen zu, deren wir im Verlaufe erwähnen müssen.

Zunächst werde ich die von mir angewendete und bewährt gefundene Verfahrungsweise besprechen, welche darauf hinausgeht, dass die Grösse des mittelst der Camera lucida in seinen Umrissen genau nachge-

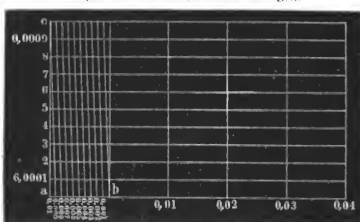
zeichneten mikroskopischen Bildes mittelst eines hierzu besonders angefertigten Maassstabes gemessen wird.

Als Projectionsmittel eignet sich unter allen Umständen hierzu ein solches, welches das Bild auf einer horizontalen oder nur wenig geneigten Fläche entwirft, weil nur so Arm und Hand die zur genauen Zeichnung erforderliche Sicherheit und Festigkeit besitzen. Bei der Zeichnung selbst muss man es sich zum Grundsatze machen, stets nur den mittleren Theil des Gesichtsfeldes zu benutzen, um sowohl den Einfluss zu beseitigen, welchen die Verzerrung des Bildes an dem Rande des letzteren auf die Vergrösserung ausüben könnte, als auch immer dieselbe Entfernung festzuhalten, bei der Maassstab und Bild gezeichnet werden.

Die Anfertigung der Maassstäbe, von denen man für die Combination je eines Objectivsystemes mit einem bestimmten Oculare einen besonderen nöthig hat, vollführt man auf folgende Weise. Bei einem bestimmten Abstande (ich wählte dazu 250^{mm}), der in der Folge bei der Ausführung von Messungen immer genau festzuhalten ist, entwirft man sich auf einem glatten und ganz ebenen Blättchen Zeichenpapier das Bild eines Theiles der Mikrometerscala und führt danach seinen Maassstab in der Form aus, wie dies bei den bekannten verjüngten Maassstäben üblich ist. Für die schwächeren Objectivsysteme kann die Eintheilung des Millimeters in 10 oder 20 Theile zu Grunde gelegt werden, für die mittleren und stärkeren genügt hierzu vollkommen die Theilung von 1^{mm} in 100 Theile. Im ersteren Falle bilden $^1/_{10}$ oder $^1/_{20}$^{mm}, im letzteren $^1/_{100}$^{mm} die Haupteinheiten des Maassstabes. Diese können dann je nach Umständen in 5 bis 10 Unterabtheilungen getheilt werden, von denen die Proportionaltheile wiederum Zehntel angeben. In der Figur 236 ist ein solcher Maassstab für eine 1000fache Vergrösserung dargestellt. Die Hauptabtheilungen desselben entsprechen 0,01^{mm}, die Unterabtheilungen zwischen *a* und *b* 0,001^{mm}, während die Proportionaltheile zwischen *a* und *c* 0,0001^{mm} angeben. Man kann aber durch Einrücken zwischen die Parallellinien noch mit voller Sicherheit 0,00005^{mm} unmittelbar ablesen.

Fig. 236.

0,01mm = 10mm (1000fache Vergr.).



Maassstab für das Objectglasmikrometer.

Die Messung ist eine höchst einfache. Es wird nämlich der Durchmesser des in seinen Umrissen sorgfältig mittelst einer feinen Bleistiftlinie umzogenen Bildes zwischen die Spitzen eines genauen — nur zu diesem Zwecke zu gebrauchenden — Zirkels gefasst und dessen Grösse auf dem entsprechenden Maassstabe abgegriffen. Zur Controle sowie zur Erzielung der höchst möglichen Zuverlässigkeit kann man die Messung

mittelst anderer Combinationen des optischen Apparates wiederholen und beliebig vervielfältigen.

An Genauigkeit wird diese Methode, wenn der Beobachter in dem Gebrauche der Camera lucida gehörig geübt ist und seine Umrisszeichnung mit voller Sicherheit und Festigkeit der Hand entwirft, wenn ferner die betreffenden Maassstäbe mit Acuratesse ausgeführt sind und die angegebenen Vorsichtsmaassregeln streng beachtet werden, soweit meine Erfahrungen reichen, von keiner der übrigen Messungsmethoden bedeutend übertroffen. Um dieselbe noch weiter zu treiben und namentlich die Bruchtheile der Hauptabtheilungen des Maassstabes mit grösserer Sicherheit zu bestimmen, kann man auf einem fünf- bis zehnfach vergrösserten Maassstabe den mittelst eines Doppelzirkels oder auf eine andere Weise in gleichem Verhältnisse vergrösserten Durchmesser des mikroskopischen Bildes abgreifen.

Auch an Bequemlichkeit und Raschheit der Ausführung steht dieselbe, wenn man erst einmal die Maassstäbe in Ordnung hat, keiner der gleich zuverlässigen Messungsweisen nach, da man mit Leichtigkeit sofort die wahre Grösse des Objectes abzulesen und niederzuschreiben im Stande ist. Ein weiterer wohl zu beachtender Vorzug liegt darin, dass man mit Ausnahme der etwaigen Ausgabe für einen feinen Stangen- oder Doppelzirkel und eventuell für die Maassstäbe keine weitere Kosten aufzuwenden hat, da sich die Camera lucida ja ohnehin in den Händen des Mikroskopikers befinden muss, wenn er seine Zeichnungen in der wahren Bildgrösse ausführen will.

Nachstehende an verschieden grossen Objecten mittelst dieser Methode ausgeführten Probemessungen ergaben folgende Resultate:

1. Stärkekorn:
a. Mittel aus der ersten Reihe von 10 Messungen = 0,03387^{mm}
b. „ „ „ zweiten „ „ „ „ = 0,03383 „
Differenz = 0,00004^{mm}

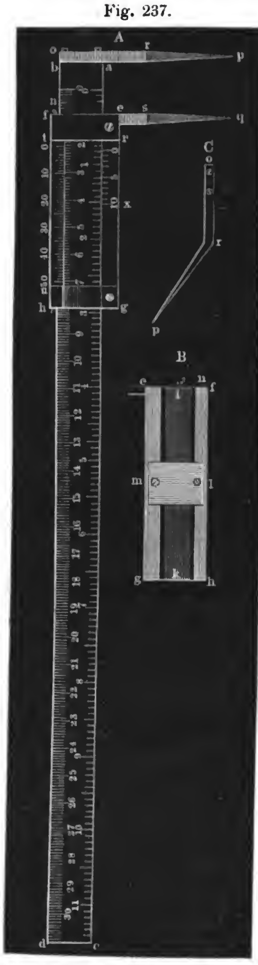
2. Kleines Stärkekorn:
a. Mittel aus der ersten Reihe von 10 Messungen = 0,01215^{mm}
b. „ „ „ zweiten „ „ „ „ = 0,01219 „
Differenz = 0,00004^{mm}

3. Tüpfelraum einer Zelle von Abies pectinata:
a. Mittel aus der ersten Reihe von 10 Messungen = 0,00479^{mm}
b. „ „ „ zweiten „ „ „ „ = 0,00473 „
Differenz = 0,00006^{mm}

4. Feines Spiralband:
a. Mittel aus der ersten Reihe von 10 Messungen = 0,00110^{mm}
b. „ „ „ zweiten „ „ „ „ = 0,00115 „
Differenz = 0,00005^{mm}

Will man sich die Mühe ersparen, mehrere Maassstäbe anzufertigen, so muss man allerdings zu einer Messungsweise des Bilddurchmessers greifen, bei der es nur eines einzigen Maassstabes bedarf. In Bezug auf das demselben zu Grunde zu legende Normalmaass hat man natürlich volle Freiheit. Da aber einmal das metrische Maass bei wissenschaftlichen Grössenbestimmungen sich fast überall Eingang verschafft hat, so verwendet man am geeignetsten einen solchen Maassstab, bei welchem die Hauptabtheilungen Centimeter, die nächsten Unterabtheilungen Millimeter und die Proportionaltheile $^1/_{10}$ Millimeter angeben. Hier hat man aber in dem abgegriffenen Maasse noch nicht die wirkliche Grösse des Objectes, sondern es muss diese durch Division mit der betreffenden Vergrösserungszahl in jenes ermittelt werden. Dass man sich auch in diesem Falle des oben erwähnten Doppelzirkels bedienen kann, liegt auf der Hand. Harting empfiehlt einen sogenannten Schieberzirkel (Fig. 237), auf welchem man mittelst eines angebrachten Nonius noch $^1/_{50}$ des Millimeters ablesen kann. Ich kenne denselben nicht aus eigener Erfahrung, es erscheint mir derselbe aber jedenfalls empfehlenswerth. Neben den oben angegebenen Vorsichtsmaassregeln hat man bei diesem Messungsverfahren besonders darauf zu achten, dass die Vergrösserungsziffern auf das Allersorgfältigste bestimmt werden, weil ein verhältnissmässig geringer Fehler in denselben das Resultat irritiren würde. Hätte man z. B. auf dem Maassstabe 33^{mm} abgegriffen, so würde sich bei 700facher Vergrösserung der Durchmesser des Objectes = 0,0471^{mm} ergeben, während derselbe, wenn die Vergrösserung in der That = 710 sein

Fig. 237.



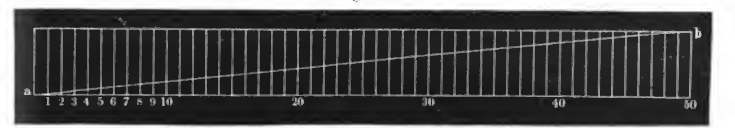
Harting's Schieberzirkel.

würde, $= 0{,}0465^{mm}$ wäre, was eine Differenz von $0{,}0006^{mm}$ ergäbe, welche $^1/_{72}$ des Objectes gleich käme, also weit grösser wäre als der wahrscheinliche Fehler der Messung.

H. v. Mohl räth an, das Bild nicht auf Papier aufzufangen und nachzuzeichnen, sondern über einem Maassstabe mit kleinen Abtheilungen zu projiciren, deren Werth man vorher mit Hilfe eines Glasmikrometers bestimmt hat. Hierbei soll eine grössere Genauigkeit deshalb erzielt werden können, weil man die Striche des Maassstabes sehr scharf in dem mikroskopischen Bilde erblicke. Ich habe diese Messungsweise versucht und mich überzeugt, dass dieselbe der vorhin von mir geschilderten keineswegs an Genauigkeit gleichkommt. Als Maassstab benutzte ich einen solchen, dessen Abtheilungen Pariser Linien vorstellen. Bei einer 550-fachen Vergrösserung entsprachen 2,4 Abtheilungen desselben $^1/_{100}{}^{mm}$ des Glasmikrometers; es gab somit eine davon $^1/_{240}{}^{mm}$ an und da sich noch mit hinreichender Sicherheit $^1/_{10}$ einer Abtheilung schätzen oder mittelst des Zirkels messen liess, so war ich im Stande, mit einiger Zuverlässigkeit bis auf $^1/_{2400}{}^{mm}$ zu messen. Bei stärkeren Vergrösserungen möchte sich die Genauigkeit sogar bis gegen $^1/_{4000}{}^{mm}$ steigern.

Bei kleineren Objecten kann man die Schätzung von Bruchtheilen der Abtheilungen des benutzten Maassstabes umgehen, wenn man den letzteren in folgender Weise ausführt. Man schneidet die z. B. genau in 50 Linien getheilte, rechteckige, 5''' breite Scala (Fig. 238) durch eine

Fig. 238



Maassstab für kleine Objecte.

Diagonale *a b*, so entsprechen die betreffenden Proportionaltheile 1, 2, 3, 4 u. s. w. $^1/_{10}$, $^2/_{10}$, $^3/_{10}$, $^4/_{10}$ u. s. w. Linien und geben bei der oben genannten Vergrösserung $^1/_{2400}$: $^2/_{2400}$ ($^1/_{1200}$) $^3/_{2400}$ ($^1/_{800}$) $^4/_{2400}$ ($^1/_{600}$)^{mm} an. Bei der Messung verfährt man derart, dass man das projicirte Bild des Objectes zwischen die Schenkel des durch die eine Seite des Scalen-Rechtecks und durch die Diagonale gebildeten Winkels fallen lässt und dann an dem einen Rande die entsprechende Zahl abliest. Hätten z. B. die diametral gegenüberstehenden Ränder des ersteren unter dem 12. Theilstriche die beiden Schenkel des Winkels berührt, so wäre der Durchmesser $= {}^{12}/_{2400}$ oder $^1/_{200}$ $(0{,}005)^{mm}$.

Ocularmikrometer. — Eine bequeme, zuverlässige Resultate liefernde Messungsmethode gewährt die Anwendung des Ocular-Glasmikrometers, welches zwischen Collectiv- und Ocularlinse derart in das Ocular gelegt wird, dass man dessen Theilung und das objective Bild des Gegen-

standes zugleich und mit gleicher Schärfe erblickt. In Betreff der losen, nicht in einem besonderen Oculare befestigten Scalen habe ich darauf aufmerksam zu machen, dass das Mikrometer stets so in das letztere eingelegt werden muss, dass dessen Theilung dem Objectivsysteme zugekehrt ist. Bei umgekehrter Lage würde erstlich durch Reflexion an der hinteren Oberfläche der Glasplatte eine Verdoppelung der Theilstriche bewirkt werden und zweitens die von dem Bilde ausgehenden Lichtstrahlen wegen der zwischengeschobenen Glasmasse eine andere Brechung erleiden, als die von der Theilung ins Auge gelangenden, welche Umstände auf die Genauigkeit des Resultates nicht ohne störenden Einfluss bleiben könnten.

Ehe man zu der eigentlichen Messung schreitet, muss der Werth der Abtheilungen des Mikrometers für die verschiedenen Objectivsysteme bestimmt werden. Zu diesem Zwecke benutzt man ein zweites Glasmikrometer als Object und zählt die Abtheilungen des Ocularmikrometers, welche einer vollen Anzahl von Abtheilungen des erstern entsprechen. Eine kleine Rechnung ergibt dann den wahren Werth je einer Abtheilung des Ocularmikrometers. Hätte man z. B. beobachtet, dass 14 Intervalle des letzteren genau 5 Abtheilungen des Object-Glasmikrometers decken, von denen jede = $^{1}/_{100}{}^{mm}$ ist, so würde eine Abtheilung des ersteren $^{1}/_{280}$ $(0{,}00357)^{mm}$ gleichkommen. Hat man indessen die Vergrösserungen seines Mikroskopes mit der grössten Sorgfalt und Genauigkeit bestimmt, so braucht man nur für ein Objectivsystem den Werth einer Abtheilung des Ocularmikrometers zu bestimmen und kann die Werthe für die übrigen Objectivsysteme durch Rechnung finden. Es verhalten sich nämlich diese Werthe umgekehrt, wie die entsprechenden Vergrösserungsziffern. Würde z. B. die Vergrösserung eines zweiten Objectivsystemes 2,5 mal so gross sein, als diejenige, bei welcher obiger Werth bestimmt wurde, so müsste der entsprechende Werth einer Abtheilung des Ocularmikrometers $\frac{0{,}00357}{2{,}5}$, d. i. $0{,}001428^{mm}$ gleichkommen. Jedenfalls wird es gut sein, wenn man beide Bestimmungsweisen zur gegenseitigen Controle benutzt.

Zur Erleichterung späterer Umrechnung der Scalentheile des Ocularmikrometers in den wahren Werth, fertigt man sich ein Täfelchen an, in welches für jedes Objectivsystem die Werthe von 1 bis 10 Intervallen eingetragen werden. In vielen Fällen hat man dann dieselben bloss auszuschreiben, in anderen reicht man mit einer einfachen Addition oder Multiplication aus.

Hat man aus einer grösseren Anzahl von Messungen den Mittelwerth zu bestimmen, so bedarf es nicht für jede einzelne Messung einer Umrechnung, sondern man kann aus den gefundenen Scalentheilen den Mittelwerth nehmen und bloss diesen in den wahren Werth umrechnen, wodurch an Zeit und Mühe gespart wird, ohne dass das Hauptresultat auch nur im mindesten leidet.

Hie und da finden sich die Werthe der Scalentheile von den Opti-

kern in der ihren Instrumenten beigegebenen Vergrösserungstafel angegeben. Man darf sich indessen nicht hierauf verlassen, sondern muss, wenn man für die Genauigkeit seiner Messungen einstehen will, deren Bestimmung selbst vornehmen.

Die Messung mittelst dieses Mikrometers ist höchst einfach. Man zählt eben nur die Anzahl der Intervalle der Scala, welche das bei scharfer Einstellung erhaltene Bild des zu messenden Gegenstandes decken, und entnimmt dann aus seinem Täfelchen dessen wahre Grösse. Wo das Bild des Objectes nicht von einer ganzen Anzahl von Intervallen gedeckt wird, ist der betreffende Bruchtheil zu schätzen, was sich, wenn man erst einmal die erforderliche Uebung erlangt hat, leicht bis auf $^1/_5$, ja auf $^1/_{10}$ hinreichend sicher ausführen lässt.

Die Hauptvorsichtsmaassregeln, welche man bei dieser Messungsmethode nie ausser Acht lassen darf, bestehen darin, dass man das Object auf das Schärfste einstellt, nur den mittleren Theil des Gesichtsfeldes zur Messung verwendet und bei der Abzählung der Intervalle immer von den gleichliegenden Rändern der Theilstriche ausgeht, von denen man den einen mit dem einen Rande des Bildes genau in Berührung gebracht hat.

Was die Genauigkeit betrifft, so kommt derselben der Umstand zu Gute, dass man zur Ausführung schon sehr feiner Messungen viel gröbere Theilungen verwenden kann, als wenn man von dem Glasmikrometer als Object Gebrauch macht. Diese bieten aber einer gleichmässigen Ausführung von Seiten des Mechanikers weit weniger Schwierigkeiten dar, als die feineren. Man wird bei dem Ocularmikrometer, wenn dasselbe aus einer der besseren Werkstätten hervorgegangen ist, daher auch in Bezug auf die Gleichförmigkeit der einzelnen Abtheilungen weit geringeren Differenzen begegnen, als bei dem Object-Glasmikrometer. Ich habe in der neuesten Zeit Gelegenheit gehabt, mehrere solcher Mikrometer aus verschiedenen Werkstätten zu prüfen, welche wirklich eine befriedigende Uebereinstimmung in der Grösse der einzelnen Intervalle zeigten. Selbst die grösste Differenz, welche ich bei nur einem dieser Mikrometer beobachtete, ging nicht über $^1/_{12}$ einer Abtheilung hinaus, während dieselbe bei anderen bis auf $^1/_{30}$ und weniger sank. Setzt man aber auch den Fall, dass man sich eines Mikrometers bediene, welches selbst Differenzen bis zu $^1/_{10}$ einer Abtheilung zeigte, so würden diese (vorausgesetzt, dass man sich keine Correctionstafel angefertigt habe) auf die Messung doch kaum in bemerklicher Weise influiren. Nimmt man z. B. an, eine Abtheilung des Mikrometers entspreche $0{,}004^{mm}$ und die Differenz zwischen zwei aufeinander folgenden Intervallen betrage $^1/_{10}$, so würde der Werth des einen entweder um $0{,}0004^{mm}$ zu gross oder zu klein ausfallen, ein Fehler, der für manche Messungen sogar ganz ausser Betracht bleiben kann. Wo aber der durch die Ungleichheiten in der Theilung hervorgerufene Fehler die Messung in bedenklicher Weise influiren könnte, da wird derselbe durch den Gebrauch

der in der oben angegebenen Weise angefertigten Correctionstafel beseitigt, so dass in dieser Beziehung die Genauigkeit der Messung nichts zu wünschen lässt.

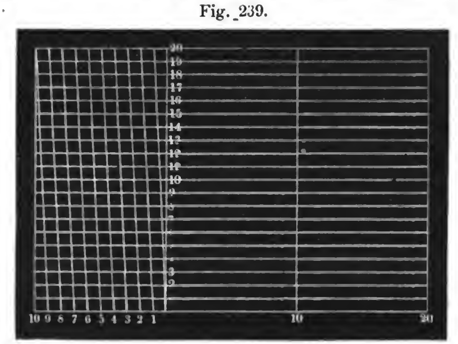
Auch durch die Schätzung der Bruchtheile eines Intervalles, welche nie mit so voller Sicherheit geschehen kann, dass man sich nicht um irgend einen sehr kleinen Bruchtheil irrt, wird die Genauigkeit der Messungen mittelst des Ocular-Glasmikrometers weit weniger beeinträchtigt, als man von mancher Seite anzunehmen geneigt ist. Sollte man z. B. einen Bruchtheil, der in der That $^1/_8$ beträgt, für $^1/_{10}$ schätzen, so würde, der Werth eines Intervalles = $^1/_{500}$mm gesetzt, $^1/_{10}$ desselben = $^1/_{5000}$mm, $^1/_8$ aber = $^1/_{4000}$mm sein und der begangene Fehler höchstens $^1/_{20000}$mm betragen. Ja wenn man selbst $^1/_4$ eines Intervalles für $^1/_5$ einschätzte, so würde unter obigen Voraussetzungen der begangene Fehler $^1/_{10000}$mm nicht übersteigen. Dies letztere ist aber, wenn man eben nur einige Uebung besitzt, die äusserste Grenze, bis zu der man bei der Schätzung der Bruchtheile irren kann. Dieselbe fällt übrigens um so genauer aus, je stärker das Ocular ist, in welches man das Mikrometer einlegt. Die Schärfe der Umrisse des mikroskopischen Bildes leidet dadurch bei den besseren Objectivsystemen keineswegs in so bedeutender Weise, dass das Resultat dadurch wesentlich beeinflusst würde.

Es kann übrigens die Schätzung von Bruchtheilen der Scala ganz umgangen werden, wenn man das Ocular-Glasmikrometer in Verbindung mit der Camera lucida gebraucht. Zu dem Ende legt man die mittelst der letzteren entworfene Scala einem Maassstabe zu Grunde, auf dem mit Hilfe der Proportionaltheile $^1/_{10}$ bis $^1/_{20}$ der Intervallen abgelesen werden können und greift auf diesem mittelst des Zirkels die Ganzen und Bruchtheile der letzteren ab, welche dem nachgezeichneten Bilde des Gegenstandes entsprechen. Um aber den einmal angefertigten Maassstab bei allen Objectivsystemen benutzen zu können, muss man sich eine kleine Correctionstafel anfertigen, welche diejenigen Zahlen enthält, womit die Zahl der abgegriffenen Scalentheile zu multipliciren ist, um die wahre Zahl derselben zu erhalten. Da nämlich durch den Focalabstand der Objectivsysteme einerseits, durch deren Länge andererseits, der Abstand sich etwas ändert, bei welchem das mikroskopische Bild auf die Zeichenfläche entworfen wird, so fällt dies je nach dem angewendeten Objectivsysteme entweder kleiner oder grösser aus, als es für dasjenige Objectivsystem der Fall ist, bei welchem die Scala entworfen wurde. Zur Auffindung der Correctionszahlen verfährt man in folgender Weise. Nachdem der Maassstab angefertigt worden, zeichnet man bei den verschiedenen Objectivsystemen eine Gruppe von 10 bis 20 Intervallen der Mikrometerscala mittelst der Camera lucida, fasst diese zwischen die Zirkelspitzen und greift deren Grösse auf dem Maassstabe ab. Die Division der gezeichneten Anzahl von Intervallen durch den abgegriffenen Werth ergibt die Correctionszahl. Ich habe z. B. meine Scala bei System 7 von Hartnack entworfen und danach den Maassstab angefertigt; 10 Intervalle bei System 5

nachgezeichnet, entsprechen nun aber 10,24 Theilen des Maassstabes, mithin ist die Correctionszahl = 10 : 10,24 = 0,975 nahezu. Hätte man demnach bei System 5 einen Gegenstand gezeichnet, mittelst des Zirkels gemessen und dessen Durchmesser = 5,16 Intervallen gefunden, so würde die wahre Anzahl = 5,16 × 0,975 = 5,04 sein.

Die einzelne auf diese Weise unter Anwendung sämmtlicher Correctionen vollzogene Messung verlangt allerdings einen nicht geringen Zeitaufwand, aber die Anfertigung kleiner Tafeln (Fig. 239), von denen man

Fig. 239.



Maassstab, um $^1/_{20}$ der Intervalle des Ocularmikrometers abzulesen. (Mikrometer im Ocular 4. von Zeiss.)

ohne weitere Umstände die betreffenden Werthe abzulesen im Stande ist, hilft auch über diesen Uebelstand hinaus Jedenfalls ist derselbe nicht bedeutender, als bei den übrigen genaueren Messungsmethoden, welche man mit Anwendung von Correctionen ausführt. Dafür ist die Genauigkeit und Verlässlichkeit der Messung eine solche, dass sie kaum von einer der anderen Methoden übertroffen werden dürfte.

Die mittelst derselben begangenen Fehler lassen sich leicht aus folgender Zusammenstellung ersehen, welche die Resultate einiger, bei 820-facher Vergrösserung vorgenommener Messungen enthält.

1. Stärkekorn:

a. Mittel aus der ersten Reihe von 10 Messungen = 0,05895^{mm}
b. „ „ „ zweiten „ „ 10 „ = 0,05893^{mm}

Differenz = 0,00002^{mm}

2. Stärkekorn:

a. Mittel aus der ersten Reihe von 10 Messungen = 0,01218^{mm}
b. „ „ „ zweiten „ „ 10 „ = 0,01215^{mm}

Differenz = 0,00003^{mm}

3. Spiralband von Chelidonium:

a. Mittel aus der ersten Reihe von 10 Messungen = 0,00568mm
b. „ „ „ zweiten „ „ 10 „ = 0,00564mm

Differenz = 0,00004mm

4. Spiralband:

a. Mittel aus der ersten Reihe von 10 Messungen = 0,00315 mm
b. „ „ „ zweiten „ „ 10 „ = 0,003115mm

Differenz = 0,000035mm

5. Zwischenraum zwischen 2 Reihen von Pleurosigma formosum:

a. Mittel aus der ersten Reihe von 10 Messungen = 0,000841mm
b. „ „ „ zweiten „ „ 10 „ = 0,000821mm

Differenz = 0,000020mm

6. Zwischenraum zwischen 2 Reihen von Grammatophora marina:

a. Mittel aus der ersten Reihe von 10 Messungen = 0,000444mm
b. „ „ „ zweiten „ „ 10 „ = 0,000420mm

Differenz = 0,000024mm

Oberhäuser's Ocularmikrometer. — Für eine möglichst schnelle Grössenbestimmung kleiner Gegenstände eignet sich das Seite 240 beschriebene Glasmikrometer von Oberhäuser. Um für dasselbe den wahren Werth der Scalentheile zu bestimmen, schiebt man das als Object benutzte Glasmikrometer derart zwischen den von der einen Seite des Rechteckes und der Diagonale gebildeten Winkel, dass die erstere und ein Theilstrich des Mikrometers einander genau decken, und sieht zu, wie viele Scalentheile des Ocular-Mikrometers einer oder mehreren Abtheilungen des Object-Mikrometers entsprechen. Hätte man z. B. gefunden, dass bei einer bestimmten Vergrösserung 50 Scalentheile des Ocularmikrometers einer Abtheilung des Objectmikrometers entsprächen, der in $^1/_{100}$mm getheilt ist, so würde sich daraus der Werth von je einem der ersteren zu $^1/_{5000}$ oder 0,0002mm ergeben.

Bis zu diesem Bruchtheile liesse sich also bei der vorausgesetzten Vergrösserung direct messen, und da sich mit voller Sicherheit die Hälfte eines Scalentheiles schätzen lässt, so kann man die Genauigkeit bis auf 0,0001mm steigern.

Die Messung mittelst des Ocular-Glasmikrometers überhaupt gewährt bei geeigneten Objecten, wie isolirten Fasern, Zellen, Blutzellen, Fettkügelchen, Zellkernen und dergleichen, nach meinen Erfahrungen eine Genauigkeit, welche derjenigen durch irgend eine der anderen besseren Messungsmethoden erreichten kaum in irgend erheblichen Grade nachsteht. Von einzelnen Beobachtern ist dieselbe unterschätzt worden. Freilich gibt es Fälle, in denen man mit derselben nicht zum Ziele kommt. Dies gilt namentlich dann, wenn das mikroskopische Bild etwas complicirt ist, indem darin viele durcheinander liegende Objecte vorkommen, oder wenn

das Präparat nicht die nöthige Durchsichtigkeit besitzt. Dann fällt es nämlich schwer, die Theilstriche der Scala mit der erforderlichen Schärfe und Klarheit über dem betreffenden Objecte zu sehen und eine genaue Einstellung derselben auf den Rand des letztern zu bewirken. Von dem Versuche, die Mikrometerscala mit einer färbenden Substanz einzureiben, um die Theilstriche leichter sehen zu können, muss ich entschieden abrathen, da man dadurch in jedem Falle dem Apparate mehr schadet, als man der Messung nützt.

Die zuletzt hervorgehobenen Uebelstände fallen natürlich weg, wenn man das mikroskopische Bild mittelst der Camera lucida zeichnet und die Anzahl der ihm entsprechenden Scalentheile mittelst des Zirkels in der früher erwähnten Weise abgreift.

Messung mittelst der Schraubenmikrometer. — Die Einrichtung der Schraubenmikrometer, sowie das Princip, worauf die Messung mittelst derselben beruht, haben wir bereits im sechsten Abschnitte kennen gelernt. Es bleibt somit nur übrig, die Fehler derselben kennen zu lernen, ferner die Art und Weise der Ausführung, sowie die Genauigkeitsgrenze der damit vorzunehmenden Messung zu erörtern.

Was die Fehler in der Theilung betrifft, so liegen dieselben einzig und allein in der Schraube, da man wohl voraussetzen darf, dass die Theilung der Trommel, sowie des Nonius, die mit voller Sicherheit geschehen kann, mit solcher Vorsicht ausgeführt ist, um in dieser Beziehung jeden Fehler auszuschliessen.

Zunächst kommt der absolute Werth der Theilung und dann die Ungleichheiten in Betracht, welche zwischen den Höhen der einzelnen Schraubengänge bestehen und welche selbst bei sorgfältig ausgeführten Mikrometern nach Harting nicht selten $^1/_2$ bis 1 Proc. und mehr, nach H. v. Mohl dagegen bei überhaupt brauchbaren Instrumenten höchstens $^1/_{10}$ Proc. betragen sollen.

Um die Ungleichförmigkeiten in der Höhe der Schraubengänge kennen zu lernen und dieselben bei späteren Messungen, soweit sie auf die Genauigkeit influiren, berücksichtigen zu können, muss man den relativen Werth der einzelnen Abtheilungen der Schraube mittelst eines festen Maassstabes prüfen. Hierzu benutzt man am besten ein Glasmikrometer, von dem man den Werth der einzelnen Abtheilungen vorher genau ermittelt und für das man sich eine Correctionstafel angefertigt hat. Man sieht dann einfach zu, ob zur Einstellung auf eine gleiche Strecke des Glasmikrometers an allen Theilen der Schraube auch eine gleiche Anzahl von Schraubenumgängen erforderlich ist. Die etwa vorkommenden Differenzen notirt man, um sie später in einer vollständigen Correctionstabelle zusammenzustellen. Dasselbe Mikrometer kann auch zur Bestimmung der absoluten Grösse der einzelnen Abtheilungen resp. Schraubenumgänge angewendet werden, wenn man nur vorerst nach der früher beschriebenen Methode den wahren Werth seiner Länge ermittelt hat.

Zwei fernere, in dem Instrumente selbst zu suchende Fehlerquellen liegen in dem sogenannten todten Gange und in dem Sehwindel der Schraube.

Wenn wir auch ganz und gar von schlechten Mikrometern, oder solchen absehen, bei denen sich der erste Uebelstand in Folge eines langen und häufigen Gebrauches eingestellt hat, so klebt derselbe doch in gewissem Maasse auch dem besten Instrumente an, indem die Schraubenspindel in der Mutter immer so viel Spielraum hat, dass man erstere um einen sehr kleinen Winkel drehen kann, ohne dass das Object bewegt wird. Eine solche kleine Umdrehung kann aber leicht durch den blossen Druck bei der Einstellung in einer oder der anderen Richtung geschehen, ohne dass man ihn beabsichtigt hatte, und wird zu einem Fehler in der Ablesung Veranlassung geben. Um diese Fehlerquelle zu beseitigen, hat Nobert seinem Mikrometer die oben beschriebene Einrichtung gegeben, welche ihrem Zwecke allerdings vollkommen entspricht, aber auch das ohnehin theure Instrument noch mehr vertheuert.

Der Sehwindel besteht darin, dass bei gleicher Höhe eines jeden Schraubenumganges die Steigung eine veränderliche ist. Man erhält dann zwar gleiche Verschiebungen bei ganzen Umdrehungen, die Bruchtheile aber differiren je nach den verschiedenen Schraubengängen, indem das eine Mal eine kleinere, das andere Mal eine grössere Umdrehung erforderlich wird, um eine gleich grosse Verschiebung zu bewirken.

Einige andere Fehlerquellen beruhen auf der Art und Weise der Ausführung der Messung selbst.

Objecttisch-Schraubenmikrometer. — Diese beruht bekanntlich bei dem Objecttisch-Schraubenmikrometer darauf, dass man den Weg misst, welchen ein stetig und geradlinig durch das Gesichtsfeld geführtes Object zurückgelegt hat. Man bringt zu dem Ende den Gegenstand, dessen Grösse man zu bestimmen wünscht, derart auf den beweglichen Schlitten des Mikrometers, dass er mit einem Rande genau den über der Blendung des Oculares senkrecht zur Längenachse der Schraube ausgespannten Faden berührt, und führt ihn mittelst Drehens der Mikrometerschraube so weit durch das Gesichtsfeld des Mikroskopes, bis der dem ersteren gegenüberliegende Rand mit dem gleichen Faden zusammenfällt. Auf dem horizontalen Index liest man hierauf die Ganzen auf der Trommel die Bruchtheile der Schraubenumgänge ab und hat darin unmittelbar die wahre Grösse des Durchmessers. Es ist indessen keineswegs nöthig, dass man Index und Trommel vorher auf 0 gestellt hat, um die Ablesung vorzunehmen. Beobachtet man nur am Anfang und Ende der Operation den Stand der beiden, so ergibt der Unterschied zwischen den entsprechenden Zahlen die Anzahl der Schraubenumgänge und damit den Durchmesser des Objectes.

Behufs einer genauen Messung kommt es hier vor Allem darauf an dass die Ränder des Gegenstandes auf das Schärfste mit dem in dem

Oculare ausgespannten Faden zusammenfallen. Dieser haarscharfen Einstellung wirken aber mehrere Umstände entgegen, von denen der eine auch bei dem Ocular-Glasmikrometer der Genauigkeit etwas Eintrag thut. Erstlich bewirkt die an den Rändern des Fadens stattfindende Beugung der Lichtstrahlen eine Abplattung am Rande des Bildes, welche eine so vollkommene Aneinanderlegung des ersteren über das letztere, wie sie theoretisch erfordert wird, nicht möglich macht. Mohl hat, um diesem Uebelstande entgegen zu wirken, zweierlei Mittel vorgeschlagen. Das eine besteht in der Anwendung zweier, auf einer ins Ocular gelegten Glastafel, in kleinen Entfernungen von einander gezogener, paralleler Diamantstriche und der Einstellung des Bildrandes auf die Mitte des Zwischenraumes. Allein auch hierdurch wird nach Mohl's eigenen Erfahrungen der Zweck weder vollkommen noch in allen Fällen erreicht, indem die Striche, namentlich wenn ein nicht ganz durchsichtiges Object unter ihnen durchgeführt wird, höchst schwierig zu sehen sind und momentan sogar ganz unsichtbar werden. Als zweckmässiger empfiehlt er daher in das Ocular einen Ring einzulegen, in welchem sich in der Richtung eines Radius eine Nadel befindet, deren Spitze in den Mittelpunkt des Gesichtsfeldes reicht, und auf diese feine Spitze einzustellen. Es ist nicht zu bezweifeln, dass hierdurch die Einstellung etwas leichter und sicherer wird, aber gänzlich aufgehoben wird der Einfluss der Beugung auch durch dieses Mittel nicht. Am passendsten wird es sein, wenn man — wie dies von manchen Optikern geschieht — zwei feine, scharf zu sehende Mikrometerfäden in kleiner Entfernung von einander parallel über das Ocular spannt und auf die Mitte des Zwischenraumes einstellt.

Eine weitere Ursache nicht völlig genauer Einstellung liegt in der Unsicherheit der Hand, vermöge welcher man auch bei der grössten Vorsicht häufig nicht vermeiden kann, dass man entweder die Schraube etwas weiter dreht, als es zu der scharfen Einstellung von Mikrometerfaden und Bildrand erforderlich ist, oder dass man mit der Drehung etwas zu früh aufhört. Umgekehrt kann der Druck der Hand bei der Drehung leicht eine Bewegung des Objectes veranlassen, ohne dass die Schraube eine solche ausgeführt habe. Diese beiden Fehlerquellen werden jedoch durch die beschriebene Verbesserung von Nobert aufgehoben und gelten nur für die Mikrometer der älteren Einrichtung.

Ein dritter Grund der Fehlerhaftigkeit der Messung beruht auf dem Baue der Mikroskopstative, indem, wenn derselbe nicht höchst solide ist, durch den bei der Drehung der Schraube mittelst der Hand ausgeübten Seitendruck eine Verschiebung des ganzen Messapparates hervorgerufen werden kann. Bei den neueren, solideren, dem Oberhäuser'schen Hufeisenstative nachgebildeten Mikroskopen hat man diese Fehlerquelle kaum mehr zu fürchten, wogegen sie bei den hochgebauten Stativen noch immer nicht ganz ausser Acht zu lassen ist.

Ich selbst habe in der neueren Zeit mich nicht mehr mit Messungen mittelst des Schraubenmikrometers befasst, obwohl ich früher häufig ein

solches von Schieck benutzte. Da mir auch ein derartiges Mikrometer gegenwärtig nicht zur Verfügung steht, so muss ich mich in Bezug auf die Grenzen der Genauigkeit, welche diese Messungsmethode gewährt, auf die Mittheilung der Resultate beschränken, welche H. v. Mohl und Harting bei ihren zu diesem Behufe vorgenommenen Probemessungen erlangt haben.

H. v. Mohl fand, dass der wahrscheinliche Fehler bei einem Durchmesser des Objectes:

von $^1/_5{}''' = {}^1/_{11700}$
„ $^1/_{10}{}''' = {}^1/_{1700}$
„ $^1/_{50}{}''' = {}^1/_{1079}$
„ $^1/_{178}{}''' = {}^1/_{214}$
„ $^1/_{560}{}''' = {}^1/_{90}$
„ $^1/_{1708}{}''' = {}^1/_{23}$

des Durchmessers betrug. Man ersieht daraus, dass der wahrscheinliche Fehler sich in um so stärkerem Maasse geltend macht, je kleiner das Object wird, und sogar bis zu der nicht unbedeutenden Höhe von 4 bis 5 Proc. steigen kann.

Fast übereinstimmend sind die von Harting gefundenen Resultate bei einer mittelst zweier Schraubenmikrometer (von Powell und Lealand, und Plössl) ausgeführten Versuchsreihe von 10 Messungen eines Blutkörperchens von 0,0063 Mm. Durchmesser ($= {}^1/_{358}{}'''$). Hier betrug der wahrscheinliche Fehler des Mittels bei dem ersteren Instrumente $^1/_{67}$, bei dem letzteren $^1/_{70}$ des wahren Durchmessers.

Ocular-Schraubenmikrometer. — Weit genauere Resultate als mittelst des vorhergehenden, erlangt man mittelst des Ocular-Schraubenmikrometers, indem die Fehler der Messung, mögen sie in der Beschaffenheit der Schraube oder in einer mangelhaften Einstellung ihren Grund haben, sich in dem Verhältnisse vermindern, als das mikroskopische Bild grösser ist, als das Object selbst.

Da für das Ocular-Schraubenmikrometer ausserdem stärkere Schrauben verwendet werden, als für das Object-Schraubenmikrometer, um gleich feine Messungen auszuführen, und diese sich mit mehr Genauigkeit schneiden lassen als die feineren, so steigt auch aus diesem Grunde die Verlässlichkeit der Messung bedeutend. Es verbindet sich mit der Anwendung dieses Messinstrumentes nur eine kleine Unbequemlichkeit. Da dasselbe nämlich, wie schon früher erwähnt, nicht die wahre Grösse des Objectes angibt, sondern seine Werthe nur relative sind, die sich für jedes Objectivsystem ändern, so muss der wahre Werth der ganzen Schraubenumgänge, ähnlich wie bei dem Ocular-Glasmikrometer, für jedes Objectivsystem ermittelt und in eine kleine Tafel eingetragen werden.

Um mittelst des Ocular-Schraubenmikrometers Messungen auszuführen, kann man verschiedene Wege einschlagen.

Bei der älteren, S. 238 des 6. Abschnittes beschriebenen Einrichtung

bringt man den Gegenstand in eine solche Lage, dass der eine Rand desselben mit dem festen Faden genau zusammenfällt, und verschiebt den, diesem ersten parallelen, beweglichen Faden mittelst der Mikrometerschraube bis zur Deckung mit dem gegenüberliegenden Rande des Objectes. Die in dem Oculare angebrachte Scala gibt die Anzahl der ganzen Umdrehungen an, während deren Bruchtheile auf der Trommel abgelesen werden.

Neben den Fehlerquellen, welche den Schraubenmikrometern überhaupt anhaften, bei dem Ocularmikrometer indessen bedeutend vermindert sind, ergibt sich für die beschriebene Form des letzteren noch eine andere, welche bei genauen Messungen nicht unberücksichtigt bleiben darf. Sie besteht darin, dass bei dem gewöhnlich mit diesem Mikrometer verbundenen positiven oder Ramsden'schen Oculare das in dem Brennpunkte des letzteren entstehende Bild des Objectes an seinen Randtheilen eine Verzerrung erleidet. Dadurch wird der Werth der Schraubenumgänge ein, je nach der Grösse des Objectes veränderlicher, und die daraus sich ergebenden Fehler wachsen mit der letzteren. Um dieselben zu vermeiden, ist es am zweckmässigsten, wenn man sich eine Correctionstafel anfertigt, welche die wahren, mittelst eines vorher corrigirten Object-Glasmikrometers ermittelten Werthe der einzelnen Schraubenumgänge für die verschiedenen Abschnitte des Gesichtsfeldes enthält.

Die von Professor Harting ausgeführten Probemessungen mittelst eines Dollond'schen Ocular-Schraubenmikrometers, bei dem eine Abtheilung des Index bei einer 435fachen Vergrösserung $^1/_{10630}$ Mm., bei einer 820fachen Vergrösserung aber $^1/_{19600}$ Mm. entsprach, lieferten folgende Ergebnisse:

Der wahrscheinliche Fehler des Mittels betrug:

bei 0,05 Mm. eines Glasmikrometers $^1/_{1666}$
„ 0,01 „ „ „ $^1/_{588}$

des Objectes als wahrscheinlichen Fehler des Mittels.

Bei der von H. v. Mohl empfohlenen Einrichtung des Ocular-Schraubenmikrometers ändert sich die Methode der Messung etwas ab, so dass bei den kleinen Objecten, für welche dieses Instrument bestimmt ist, auch die letzterwähnte Fehlerquelle vollständig vermieden wird. Es wird mittelst desselben nämlich das von dem Objectivsystem entworfene Bild des Objectes nicht durch die Bewegung des Spinnenfadens bei feststehendem Ocular gemessen, sondern das mit einem Fadenkreuz versehene Ocular mit Hilfe der Mikrometerschraube quer über das Bild hinweggeführt, so dass dasselbe, nur durch die Achse des Oculares betrachtet, keine Verzerrung erleiden kann.

Die mittelst dieser Methode erreichten Resultate zeichnen sich durch eine grosse Genauigkeit aus, wie aus fogenden von H. v. Mohl mitgetheilten Probemessungen zu ersehen ist:

Vergrösserung.	Grösse des Objectes.	Stärkste Abweichung von zwei einzelnen Messungen.	Abweichung der Mittel von 5 Messungen.	Abweichung der Mittel von 10 Messungen.	Mittlere Abweichung der einzelnen Messungen vom Gesammtmittel.
104 — 149	$\frac{1}{100}'''$ — $\frac{1}{200}'''$	$\frac{1}{41000}'''$ (i. M.).	$\frac{1}{11533}'''$ (i. M.)	$\frac{1}{28500}'''$ (i. M.)	$\frac{1}{14150}'''$ (i. M.)
430 — 487	$\frac{1}{100}'''$	$\frac{1}{10370}'''$ (i. M.).	$\frac{1}{49750}'''$ (i. M.)	$\frac{1}{77900}'''$ (i. M.)	$\frac{1}{50000}'''$ (i. M.)
800	$\frac{1}{100}'''$	$\frac{1}{12000}'''$	$\frac{1}{50000}'''$	$\frac{1}{100000}'''$	$\frac{1}{68000}'''$ (i. M.)
1100	$\frac{1}{4040}'''$	$\frac{1}{15600}'''$	$\frac{1}{40000}'''$	$\frac{1}{71400}'''$	$\frac{1}{77000}'''$

Messung mittelst des trigonometrischen Mikrometers. — In der neueren Zeit wurde von Professor Welcker in Halle zur Messung solcher Objecte, welche einen sehr kleinen Durchmesser besitzen, statt der Messung mittelst des Schraubenmikrometers, eine Methode empfohlen, welche befriedigende Resultate liefert, ohne die Anwendung kostspieliger Vorrichtungen zu bedingen.

Als Mikrometer dient der Seite 241 u. f. beschriebene Apparat, der sich mit Leichtigkeit an jedem hinreichend soliden Stative anbringen lässt.

Die Messung geschieht dadurch, dass man den einen Rand des in der Richtung des excentrisch gespannten Mikrometerfadens gelegten Objectes mit dem diametralen Faden in Berührung bringt und das Ocular soweit dreht, bis der letztere mit dem gegenüberliegenden Rande zusammenfällt. Die auf der Scala abgelesenen Maasstheile, mit dem, für jedes Objectivsystem vorher in der früher angegebenen Weise bestimmten, unveränderlichen Quotienten multiplicirt geben die wahre Grösse des Gegenstandes an.

Soweit meine Erfahrungen reichen, leistet diese Messungsmethode in Bezug auf Genauigkeit keineswegs mehr, als die oben beschriebenen, mittelst der Camera lucida und des Glasmikrometers auszuführenden, die ihr an Schnelligkeit und Bequemlichkeit der Ausführung durchaus nicht nachstehen.

Auch ihr kleben mehrere, theilweise in der Construction des Mikrometers liegende Mängel an, welche auf die Resultate der Messung nicht ohne Einfluss bleiben und welche um so mehr hervortreten, als sie gerade nur für sehr kleine Gegenstände bestimmt ist, bei denen es auf einen ziemlich hohen Grad von Genauigkeit ankommt.

Zunächst ist es der Umstand, dass das Ocular selten so genau in das Mikroskoprohr passt, um auch das geringste Schlottern beim Umdrehen auszuschliessen, welcher die Anwendung dieses Messungsapparates etwas unverlässlich macht. Es wird dadurch nämlich einerseits die genaue Centrirung des Apparates unsicher, indem durch einen geringen Druck

der Drehpunkt mehr oder weniger zur Seite gerückt werden kann, andererseits ist es nicht möglich, eine feste und sichere Einstellung der Mikrometerfäden auf die Ränder des Bildes zu erzielen.

Ausserdem sind noch einige andere Fehlerquellen vorhanden, die man nicht ausser Acht lassen darf. Die eine liegt in der sonstig möglichen Excentricität des Drehpunktes, welche das Resultat der Messung insofern afficirt, als der ein- für allemal für ein bestimmtes Objectivsystem ermittelte Quotient mit einem, je nach der absoluten Grösse des zu messenden Gegenstandes veränderlichen Fehler behaftet erscheint. Am einfachsten umgeht man diesen Mangel, wenn man nicht, wie früher angegeben, die Entfernung des Drehpunktes von dem Kreuzungspunkt der Fäden misst, sondern wenn man statt dessen unmittelbar das Verhältniss zwischen dem auf der Scala von dem Zeiger und dem in dem Gesichtsfelde von dem Kreuzungspunkte der beiden Fäden durchlaufenen Wege bestimmt. Zu dem Ende legt man ein Glasmikrometer als Object unter das Mikroskop und sieht zu, wieviele Abtheilungen der Scala einer Abtheilung desselben entsprechen. Hat man z. B. ein in Hundertstel des Millimeters getheiltes Glasmikrometer benutzt und gefunden, dass für ein bestimmtes Objectivsystem 5 Scalentheile einem seiner Intervalle entsprechen, so findet man, bei dem einfachen geometrischen Verhältnisse, in welchem die beiden durchlaufenen Strecken stehen, leicht durch eine kleine Rechnung die einer bestimmten Anzahl abgelesener Scalentheile entsprechende wahre Grösse des zu messenden Gegenstandes. Ein für die verschiedenen Objectivsysteme angelegtes Täfelchen dient in ähnlicher Weise wie bei dem Ocular-Glasmikrometer für alle folgenden Messungen. Eine andere Fehlerquelle findet sich darin, dass man den einen Faden in der schiefen, durch die Drehung hervorgerufenen Stellung nicht mit so voller Sicherheit an den zweiten Rand des Objectes anlegen kann, als es für eine vollständig genaue Messung erforderlich ist, und dass der Kreuzungspunkt während der Drehung nicht eine gerade, die Tangente des Drehungswinkels darstellende Linie, sondern einen kleinen Bogen durchläuft. Dadurch wird das Verhältniss zwischen dem auf der Scala und dem in dem Gesichtsfelde durchlaufenen Wege natürlich etwas geändert. Für ganz kleine Objecte mag dieser letztere Einfluss auf die Messung allerdings wohl kaum in Anschlag zu bringen sein, er wird dieselbe aber in dem Maasse mehr beeinträchtigen, als die absolute Grösse des Objectes und die Vergrösserung des Mikroskopes steigen. Der dadurch hervorgerufene Fehler kann bei Gegenständen von über $^1/_{100}{}^{mm}$ und bei stärkeren Vergrösserungen leicht bis auf 1 und $1^1/_2$ Proc. und höher steigen. Er lässt sich aber auch umgehen, wenn man die im Vorhergehenden erwähnte Tabelle etwas erweitert. Man darf sich dann allerdings nicht mit der Messung einer einzigen Abtheilung des Objectmikrometers begnügen, sondern muss mehrere aufeinander folgende heranziehen, deren Verhältniss zu den Scalentheilen bestimmen und die zwischenfallenden Werthe interpoliren.

Messung mittelst des Bildmikroskopes und Doppeltsehens. — Unter den von Harting ausser den aufgeführten vorgeschlagenen Messungsmethoden ist die mittelst des Bildmikroskopes höchstens für einzelne Beobachter ausführbar, welche eben im Besitze eines solchen oder eines photographischen Mikroskopes sind, weshalb dieselbe hier, wo es sich nur um die allgemein ausführbaren Methoden handelt, füglich ganz übergangen werden kann.

Hieran schliesst sich die Messung mittelst des Doppeltsehens, wobei man das Bild mittelst des einen Auges im Gesichtsfelde erblickt, während es mittelst des anderen auf den Objecttisch projicirt, und dort gemessen wird.

Bei der Anwendung dieser Messungsmethode empfiehlt Harting folgende Vorsichtsmaassregeln zu beachten.

„1. Während des Messens muss die Augenachse ihre Richtung unveränderlich beibehalten, das Auge also ganz unbeweglich gehalten werden.

2. Um die Spitzen des zum Messen benutzten Zirkels immer in gleicher Entfernung vom Auge zu haben, muss das zusammengesetzte Mikroskop einen grossen Objecttisch haben, worauf die Spitzen des Zirkels ruhen können. Den zu kleinen Objecttisch, wie er bei vielen Mikroskopen vorkommt, kann man vergrössern, wenn man ein Stück ganz ebener Pappe zwischen den federnden Apparat bringt.

3. Auf die Fläche, wohin das Bild projicirt wird, legt man ein Stück Papier, welches so viel wie möglich die Farbe des Gesichtsfeldes hat. Dadurch wird die Illusion, als ob beide Augen den Zirkel und den zu messenden Gegenstand zu gleicher Zeit sähen, gar sehr gesteigert.

4. Man muss darauf bedacht sein, dass die Fläche, worauf die Messung vorgenommen wird, und das Auge immer gleichweit von einander entfernt sind. Die Glasplättchen, worauf die Objecte kommen, dürfen deshalb nicht ungleich dick sein, und das Nämliche gilt auch von dem auf dem Objecttische liegenden Papiere."

Dass endlich bei Bestimmung der Vergrösserungen und bei den Messungen selbst alle die vorhin genannten allgemeinen Rücksichten zu nehmen sind, braucht nicht wiederholt zu werden.

Diese Methode ist allerdings höchst einfach, ganz allgemein, bei dem einfachen wie bei dem zusammengesetzten Mikroskope anwendbar, und verlangt unter allen Messungsmethoden am wenigsten Zeit zur Ausführung. Dennoch kann ich dieselbe nicht so hoch anschlagen, wie dies von Harting geschieht, der sich eben durch lange Uebung einen solchen ungewöhnlichen Grad von Fertigkeit im Doppeltsehen erworben hat, wie ihn nicht leicht ein Jeder sich anzueignen im Stande ist. Was die Sicherheit dieser Methode beeinträchtigt, ist namentlich der Umstand, dass das Auge während der ganzen Operation, also auch — wo dies nothwendig erscheint — während einer mehr oder minder grossen Anzahl einzelner Messungen nicht nur ganz unbeweglich in der Achsenrichtung, sondern

auch in derselben Entfernung von der Projectionsebene gehalten werden muss, was mit grosser Schwierigkeit verbunden ist und nur selten hinreichend gelingen wird. Ausserdem kommen noch so mancherlei Dinge hinzu, wie gleiche Farbe und Helligkeit von Gesichtsfeld und Projectionsebene u. s. w., welche auf das Sorgfältigste beobachtet sein wollen, wenn man sich nicht entschiedenen Fehlern aussetzen will, dass man im Allgemeinen nur auf einen mässigen Grad von Genauigkeit zu rechnen haben wird. Die von Harting erzielten Resultate bei seinen Probemessungen, an deren Richtigkeit nicht zu zweifeln ist, stellen diese Methode in die erste Reihe, indem nach derselben der wahrscheinliche Fehler bei einem 0,05^{mm} messenden Objecte $^1/_{625}$, bei einem solchen von 0,01^{mm} $^1/_{345}$, von 0,0063^{mm} circa $^1/_{160}$ betrug. Sie würde sonach alle übrigen Messungsmethoden mit Ausnahme derjenigen mittelst des Ocular-Schraubenmikrometers übertreffen. Wie aus dem oben Gesagten hervorgeht, dürfen aber diese Resultate nicht als solche angesehen werden, welche allgemeine Giltigkeit beanspruchen können, indem dieselben rein von der persönlichen Fertigkeit abhängen, die sich allgemein durchaus nicht in der Vollkommenheit erreichen lässt, wie dies Harting als sicher annimmt.

NEUNTER ABSCHNITT.

DIE ANWENDUNG DES POLARISIRTEN LICHTES BEI DER MIKROSKOPISCHEN BEOBACHTUNG.

Im siebenten Abschnitte habe ich bereits der Anwendung des polarisirten Lichtes als eines wichtigen Hilfsmittels der mikroskopischen Beobachtung kurz gedacht. Die nachfolgenden Blätter sind einer eingehenderen Darstellung derselben gewidmet.

Brewster wendete schon im Jahre 1816 diese Beobachtungsweise auf organische Körper an; aber erst nachdem Talbot im Jahre 1835 das zusammengesetzte Mikroskop mit einem polarisirenden Apparate verbunden hatte, wurde dieselbe für die organische Gewebelehre fruchtbarer. Seit dieser Zeit haben sich denn auch einzelne Forscher eingehender mit der Untersuchung thierischer sowohl als pflanzlicher Gewebe unter Anwendung dieser Beleuchtungsweise beschäftigt; allein erst in der neuesten Zeit ist deren Wichtigkeit vollkommen erkannt worden.

Die Vortheile, welche die Beleuchtung mittelst polarisirten Lichtes für das Studium der organischen Gewebe und Elementarorgane gewährt, bestehen vorzugsweise darin, dass unter dessen Einfluss Unterschiede in der physikalischen und chemischen Beschaffenheit der letzteren und damit feinere Structurverhältnisse zur Anschauung kommen, welche wir mittelst anderer Hilfsmittel der Untersuchung entweder gar nicht oder in weit unvollkommnerem Grade auszumitteln im Stande sein würden.

Einerseits darf ich mich einer umfassenderen Behandlung dieser Untersuchungsmethode, welche in manchen Schriften über das Mikroskop in auffallender Weise vernachlässigt worden ist, nicht entziehen; auf der anderen Seite gebietet mir aber die Rücksicht auf die Ausdehnung dieser Schrift eine gewisse Beschränkung. Ich werde daher in dem eigentlich physikalischen Theile dieses Abschnittes eine vollständige Ausfüh-

rung nicht erstreben können, sondern mich mehr auf die zum Verständnisse des Gegenstandes unbedingt nothwendigen Auseinandersetzungen beschränken und für ein eingehenderes Studium auf die umfassenderen Werke, die sich speciell mit demselben befassen, verweisen müssen. Zu diesen gehören namentlich: „Die Untersuchung der Pflanzen- und Thiergewebe in polarisirtem Lichte“ von G. Valentin, Leipzig 1861, und der an mathematischen Formeln reiche Aufsatz von C. Nägeli: „Die Anwendung des Polarisationsmikroskopes etc.“, in dessen Beiträgen zur Botanik 3. Heft. Leipzig 1863.

I. Physikalische Grundbegriffe.

1. Arten des polarisirten Lichtes.

Gewöhnliches Licht besitzt bekanntlich die Eigenschaft, dass die von ihm in Bewegung gesetzten Aethertheilchen in zur Fortpflanzungsrichtung der Strahlen senkrechten Ebenen, sonst aber nach allen Richtungen schwingen. Unter gewissen Umständen verliert sich indessen diese Eigenschaft und es zeigt die Schwingungsrichtung eine gewisse Beständigkeit. Einen derartig veränderten Lichtstrahl nennt man polarisirt und zwar kann derselbe geradlinig, kreisförmig oder elliptisch polarisirt sein.

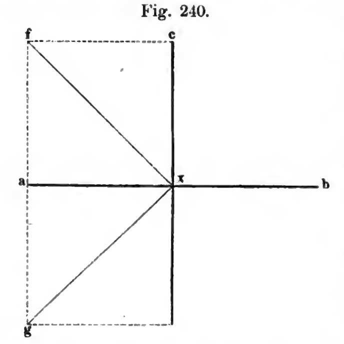
Geradlinig polarisirtes Licht. — Erfolgen die Schwingungen unter sich parallel, also in derselben Ebene, so heisst das Licht geradlinig polarisirt und die auf der Schwingungsebene senkrechte Ebene wird Polarisationsebene genannt.

Fallen die Polarisationsebenen zweier gleichfarbiger Lichtstrahlen zusammen und es treffen diese ein Aethertheilchen zur Zeit, wo sie sich in gleichen Schwingungsphasen befinden, so summiren sich deren Schwingungsweiten. Ist dagegen der eine Strahl dem anderen um eine halbe oder um das Vielfache einer halben Wellenlänge voraus, so wirken beide einander entgegen. Es wird die grösste Ausweichung gleich dem Unterschiede der beiden Schwingungsweiten, wenn diese letzteren verschieden sind, sie sinkt dagegen auf 0 herab und die Bewegung wird aufgehoben, wenn dieselben gleiche Grösse haben.

Stehen die Polarisationsebenen zweier gleichfarbigen Strahlen senkrecht auf einander, so nennt man die letzteren entgegengesetzt oder rechtwinklig polarisirt und es können sich dieselben niemals ganz aufheben. Je nach dem Gangunterschiede der zusammentreffenden Lichtstrahlen können wir aber linear, kreisförmig oder elliptisch polarisirtes Licht erhalten.

Ist nämlich der Gangunterschied zweier rechwinklig polarisirten Strahlen gleich 0, oder beträgt er das gerade oder ungerade Vielfache einer halben Wellenlänge, so wird das von jenem zugleich getroffene Aethertheilchen in einer Richtung fortgeführt, welche der Diagonale eines Parallelogrammes entspricht, dessen Seiten dem Maasse der Schwingungsintensität der beiden Wellensysteme gleich sind. Der einzige Unterschied, welcher sich hier geltend macht, besteht darin, dass im letzteren Falle die durch beide Wellensysteme hervorgerufene Schwingungsrichtung gegen die vorhergehende um 90° gedreht erscheint.

Fig. 240.



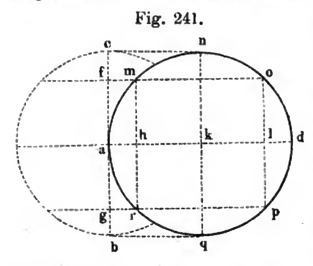
Bezeichnen z. B. *ab* und *cd* (Fig. 240) die Schwingungsrichtungen und Intensitäten der beiden Wellensysteme, so wird im ersteren Falle das Aethertheilchen *x* aus seiner Gleichgewichtslage in der Richtung *xf*, im anderen Falle aber, in welchem das eine Wellensystem nach *a* hin, das andere nach *d* hin schwingt, in der Richtung *xg* fortgeführt.

Kreisförmig polarisirtes Licht. — Beträgt der Gangunterschied zweier gleich und rechtwinklig polarisirter Strahlen dagegen mehr oder weniger als eine halbe oder ein Vielfaches einer halben Wellenlänge, so wird die Bewegung des von den beiden Wellensystemen getroffenen Aethertheilchens nicht mehr eine geradlinige, das Licht ist nicht mehr linear polarisirt. Die durchlaufene Bahn stellt dann eine Spirale vor und die einzelnen vollen Windungen derselben bilden entweder Kreise oder Ellipsen. Einen Kreis bilden dieselben, wenn der Gangunterschied ein Viertel oder drei Viertel einer Wellenlänge beträgt, und es heisst das Licht im ersteren Falle rechts, im anderen links kreisförmig oder circular polarisirt. Eine elliptische Gestalt nehmen die Windungen an, wenn der Gangunterschied einen anderen Bruchtheil der ganzen Wellenlänge als bei linear und kreisförmig polarisirtem Lichte beträgt, und es wird dann das letztere elliptisch polarisirt genannt.

Die Bahn, welche von den Aethertheilchen kreisförmig polarisirten Lichtes durchlaufen wird, lässt sich leicht durch eine Construction versinnlichen, welche nach den Gesetzen der schwingenden Bewegungen ausgeführt ist. Wird z. B. das Aethertheilchen *a* (Fig. 241) durch das eine Wellensystem in der Richtung *bc*, durch das andere in der Richtung *ad* in Schwingungen versetzt und ist das zweite Wellensystem gegen das erste um eine viertel Wellenlänge zurück, so hat jenes vermöge der

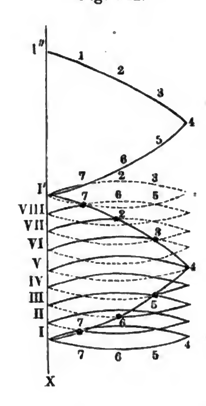
Wirkung des ersten Systemes schon seine volle Schwingungsintensität erlangt, wenn das zweite seine Wirkung zu äussern beginnt. Theilt man

Fig. 241.



die Schwingungsdauer, welche graphisch durch einen Kreisumfang dargestellt wird, in 8 gleiche Theile, so würde das Aethertheilchen *a* vermöge der ihm durch das erste Wellensystem mitgetheilten Bewegung nach Ablauf des ersten Zeittheilchens von *a* nach *f* geführt worden sein, wogegen es durch die Einwirkung des zweiten Wellensystemes in *h* angelangt wäre, es befindet sich sonach in dem Punkte *m*. In dem zweiten Zeittheilchen würde es einestheils nach *c*, anderntheils nach *k* geführt worden sein, befindet sich also in *n*. In dem dritten Zeitintervall würde das Aethertheilchen durch das eine Wellensystem von *c* nach *f*, durch das andere von *k* nach *l* geführt werden und muss sich sonach in *o* befinden; auf gleiche Weise ist ersichtlich, dass dasselbe sich nach dem dritten, vierten, fünften, sechsten, siebenten, achten Zeittheilchen nacheinander in den Punkten *d*, *p*, *q*, *r*, *a* befinden muss. Es hat das Aethertheilchen *a* somit während der vollen Schwingungsdauer den ganzen Umfang eines Kreises durchlaufen. Zeichnet man ausserdem die Bahn von je 9 aufeinanderfolgenden, gleichweit von einander entfernten Aethertheilchen eines in der Richtung *xy* (Fig. 242) fortschreitenden, kreisförmig polarisirten Lichtstrahles, von denen die beiden äussersten um eine Wellenlänge von einander abstehen, so ist ersichtlich, dass die Aethertheilchen II, III, IV u. s. w., während I die ganze Bahn durchlaufen hat und I″ erst seine Bewegung beginnt, nach einander in den Punkten 7, 6, 5, 4, 3, 2, 1 angelangt sind und somit auf einer, in der Projection kreisrunden, schraubenförmigen Bahn Stellung genommen haben.

Fig. 242.



In ähnlicher Weise lässt sich die Bahn der Aethertheilchen elliptisch polarisirten Lichtes durch Zeichnung darstellen.

Eine Mischung von polarisirten und nicht polarisirten Lichtstrahlen führt auf gemischt polarisirtes Licht.

2. Polarisationsmittel.

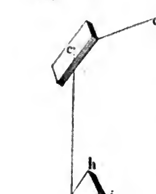
Die Bedingungen, unter denen gewöhnliches Licht in polarisirtes übergeführt wird, sind verschiedene, und demgemäss gestalten sich auch die Mittel zur Darstellung desselben für unsere Polarisationsinstrumente verschieden.

Polarisation durch Spiegelung.

Lässt man gewöhnliche Lichtstrahlen unter einem Winkel von 35° 25′ auf eine ebene, durchsichtige Glastafel *fghi* (Fig. 243) auffallen, so werden dieselben zum grössten Theile nach den bekannten Gesetzen zurückgeworfen. Der kleinere Theil dagegen wird durchgelassen, abgelenkt und schwingt in einer Ebene, welche nach den Untersuchungen Brewster's auf der Schwingungsebene der gespiegelten Strahlen senkrecht ist.

Die zurückgeworfenen Strahlen sind nach der Spiegelung polarisirt, d. h. sie schwingen jetzt nur in einer einzigen zur Einfallsebene senkrechten Ebene. Zum Nachweise dieser Polarisation dient eine zweite, an der hinteren Fläche geschwärzte Glastafel *klmn*, welche parallel zu der ersteren gerichtet ist und im Kreise gedreht werden kann. Bei der parallelen Stellung beider Glastafeln trifft der gespiegelte Strahl die zweite gleichfalls unter einem Winkel von 35° 25′, und es fallen die Reflexionsebenen beider zusammen, so dass der von der unteren Tafel kommende polarisirte Lichtstrahl, gleich einem gewöhnlichen, von der oberen zurückgeworfen wird. Dreht man aber die obere Glastafel aus dem Parallelismus, so fallen die beiden Reflexionsebenen nicht mehr zusammen, es vermindert sich die Lichtstärke der wiederholt gespiegelten Strahlen in dem Maasse, als die Drehung fortschreitet, bis sie bei 90° gleich Null wird. Die polarisirten Lichtstrahlen werden jetzt von der zweiten Glastafel, deren Reflexionsebene auf jener der ersten senkrecht steht, nicht mehr zurückgeworfen. Dreht man weiter bis zu 180°, also bis zu erneutem Parallelismus der Tafeln und zum Zusammenfallen der Reflexionsebenen, so steigt die Intensität des zurückgeworfenen Lichtes zwischen 90° bis zu 180°, um bei weiterer Drehung bis zu 270° abzunehmen und endlich dem dunklen Gesichtsfelde Platz zu machen.

Fig. 243.



Dieses Mittel der Polarisation hat bei dem Biot'schen und Nörremberg'schen sogenannten einfachen Polarisationsapparat Anwendung

gefunden, welche uns hier nicht weiter interessiren. Ausserdem wird dasselbe bei der älteren Construction des Nörremberg'schen Polarisationsmikroskopes und dem Wild'schen allgemeinen Polarisationsapparate benutzt, ist bei ersterem aber in neuester Zeit wieder aufgegeben worden.

Polarisation durch einfache Brechung.

Untersucht man den bei dem oben beschriebenen Grundversuche durch die Glastafel hindurchgegangenen und von seiner Richtung abgelenkten Theil der auf die Glastafel getroffenen Lichtstrahlen näher, so findet man, dass dieselben ebenfalls aber sehr schwach in der Art polarisirt sind, dass ihre Polarisationsebene senkrecht auf jener der gespiegelten Strahlen steht. Lässt man diese Lichtstrahlen dagegen durch einen Satz von 8 bis 10 und mehr parallelen Glastafeln gehen, so wird deren Polarisation eine ebenso vollständige wie jene der gespiegelten Strahlen. Wir haben hier Polarisation durch einfache Brechung. Ein derartig hergerichteter Plattensatz kann zweckmässig statt des oberen Spiegels bei dem Nörremberg'schen Polarisationsapparate benutzt werden. Auch für den Polarisationsapparat am zusammengesetzten Mikroskope sind solche Plattensätze aus 25 bis 30 dünnen Deckplättchen in neuester Zeit von Reinicke empfohlen worden (Beiträge zur neueren Mikroskopie, Heft 3). Ich selbst habe einen derartigen Apparat nicht versucht, kann also über dessen Wirkung nicht urtheilen. Reinicke lobt dieselbe jedoch und es dürfte sich jedenfalls der Mühe lohnen, dass, schon mit Rücksicht auf die Wohlfeilheit, von Seiten unserer Optiker ein Versuch damit gemacht würde.

Polarisation durch doppelte Brechung.

Als ein drittes Mittel zur Erzeugung polarisirten Lichtes, namentlich für die Beobachtung mittelst des zusammengesetzten Mikroskopes, worauf wir hier zunächst Rücksicht zu nehmen haben, dient die Doppelbrechung der den irregulären Krystallsystemen angehörenden Krystalle, namentlich des Kalkspathes, welcher in dem hexagonalen Systeme krystallisirt.

Allgemeine Gesetze der Doppelbrechung. — Während in den amorphen Körpern die Elasticität des die Schwingungen der Lichtstrahlen fortpflanzenden Aethers nach allen Seiten gleich erscheint, so dass sich die letzteren nach allen Radien einer Kugeloberfläche mit gleicher Geschwindigkeit fortpflanzen und unter demselben Winkel gebrochen werden, zeigen die, den oben genannten Krystallsystemen angehörenden Mineralien das eigenthümliche Verhalten, dass in verschiedenen aufeinander senkrechten Richtungen die Elasticitäten des Aethers und somit die Fortpflanzungsgeschwindigkeiten und Brechungsverhältnisse des durchgehen-

den Lichtes verschiedene sind. Dieses Verhalten gibt sich dadurch kund, dass ein in einen derartigen Krystall eindringender Lichtstrahl in zwei Strahlen gespalten wird, welche von ihrer ursprünglichen Richtung verschieden abgelenkt werden, d. h. von denen der eine stärker, der andere schwächer gebrochen erscheint. Man hat diese Erscheinung, welche von Erasmus Bertholin zuerst in dem isländischen Kalkspathe entdeckt wurde, mit dem Namen der Doppelbrechung bezeichnet.

Die Doppelbrechung findet indessen nicht nach allen Richtungen eines Krystalles statt. Bei den Krystallen aus dem quadratischen und hexagonalen Systeme gibt es immer eine Richtung, in welcher die einfallenden Lichtstrahlen auf gleiche Elasticität des Aethers treffen, so dass sie den Krystall durchlaufen, ohne eine doppelte Brechung zu erleiden. Diese Richtung, welche mit der Hauptachse des Krystalles zusammentrifft, wird die optische Achse genannt und die betreffenden Krystalle heissen optisch einachsig. Eine durch die optische Achse gelegte Ebene heisst der Hauptschnitt, während man die auf diesem senkrechte Schnittebene als zweite ausgezeichnete Ebene bezeichnet. Diejenigen Krystalle hingegen, welche dem rhombischen, schief rhombischen und schief rhomboidischen Krystallsysteme angehören, besitzen zwei Richtungen, nach denen die einfallenden Lichtstrahlen nicht doppelt gebrochen werden. Die hierher gehörigen Krystalle werden daher optisch zweiachsig genannt.

Die beiden ungleich abgelenkten Strahlen zeigen in verschiedenen doppelt brechenden Körpern ein verschiedenes Verhalten gegeneinander, welches für die Charakterisirung der letzteren von Wichtigkeit wird.

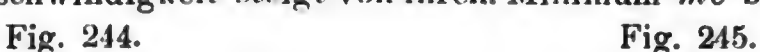
Betrachtet man nämlich die mittelst eines aus einem einachsigen Krystalle, etwa aus Kalkspath, verfertigten Prismas hervorgerufenen beiden Bilder eines leuchtenden Punktes, so gewahrt man, dass deren Abstand nicht allein von dem brechenden Winkel des Prismas, sondern auch von der Richtung abhängig ist, in welcher die Lichtstrahlen das Prisma durchlaufen. Sind die brechenden Kanten des letzteren der optischen Achse parallel, so dass die beiden Strahlen dasselbe in einer zu der Hauptachse rechtwinkligen Richtung durchlaufen, so bleibt die Entfernung der Bilder dieselbe, was auf ein constantes Verhältniss zwischen den Brechungsexponenten hindeutet. Erhalten dagegen die brechenden Kanten des Prismas eine andere Lage gegen die optische Achse, so ändert sich der Abstand der beiden Bilder, je nachdem die Richtung wechselt, in welcher die Lichtstrahlen das Prisma durchlaufen. Es muss nunmehr eine Aenderung in dem Brechungsverhältnisse der beiden Strahlen eingetreten sein.

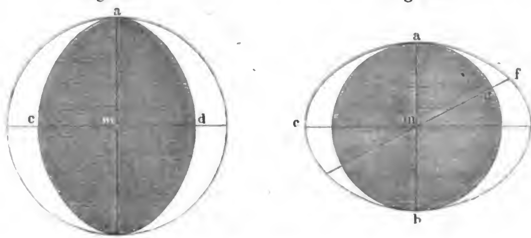
Prüft man für beide Fälle mittelst der bekannten optischen Hilfsmittel näher, so stellt sich heraus, dass der Brechungsexponent des einen der beiden Theilstrahlen unter allen Verhältnissen dem Snellius'schen Brechungsgesetze entspricht; er wird der ordentlich gebrochene oder ordinäre Strahl genannt. Der andere Theilstrahl ändert seinen Bre-

chungsexponenten je nach der Neigung der brechenden Kante des Prismas gegen die optische Achse. Es weicht derselbe von jenem des ordentlich gebrochenen Strahles dann am meisten ab, wenn brechende Kante und optische Achse einander parallel sind, und es vermindert sich diese Differenz in dem Verhältnisse, als sich die Richtung der Strahlen jener der letzteren nähert, bis sie, wenn die Richtungen beider zusammenfallen, d. h. wenn die brechende Kante senkrecht auf der optischen Achse steht, gleich Null wird. Der zweite Theilstrahl wird aus diesem Grunde der ausserordentlich gebrochene oder extraordinäre Strahl genannt.

Mit dem Brechungsverhältnisse der beiden Strahlen steht deren Fortpflanzungsgeschwindigkeit im engsten Zusammenhang. Der am stärksten abgelenkte Strahl besitzt die geringste, der am mindesten abgelenkte die grösste Fortpflanzungsgeschwindigkeit. Da nun das Brechungsverhältniss des ordentlich gebrochenen Strahles sich unter allen Verhältnissen gleich bleibt, so wird dessen Fortpflanzungsgeschwindigkeit graphisch als Radius eines durch die optische Achse gelegten Kreises darstellbar sein, während jene des ausserordentlichen Strahles mit zwischen bestimmten Grenzen veränderlichem Brechungsverhältniss sich durch den der jeweiligen Richtung des ersteren gleich geneigten Fahrstrich einer durch die optische Achse gelegten Ellipse darstellen lässt. Die Umdrehung des Kreises liefert eine Kugel, jene der Ellipse ein Ellipsoid, deren Oberflächen diejenigen Flächen bezeichnen, in denen die beiden von einem leuchtenden Punkte ausgegangenen, verschieden gebrochenen Lichtstrahlen zu gleicher Zeit angelangt sind und daher Wellenoberflächen genannt werden.

Bei jenen Krystallen, deren ausserordentlicher Strahl der stärker gebrochene, also der mit der geringeren Geschwindigkeit sich fortpflanzende ist, schliesst die Oberfläche der Kugel jene des Ellipsoides ein (Fig. 244), der Brechungsexponent jenes Strahles sinkt von seinem Maximum, die Fortpflanzungsgeschwindigkeit steigt von ihrem Minimum *mc* bis zu jenen des

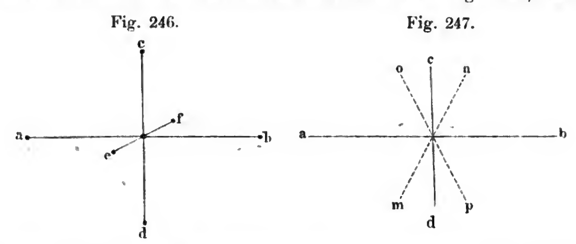

Fig. 244. Fig. 245.



ordentlichen Strahles *ma*; die betreffenden Körper heissen positiv einachsig. Die Oberfläche der Kugel wird dagegen von jener des Ellipsoides überall da eingeschlossen (Fig. 245), wo der ordentliche Strahl der stärker gebrochene ist und der Brechungsexponent des ausserordentlichen

Strahles von seinem geringsten Werthe aus steigt, die Fortpflanzungsgeschwindigkeit von ihrem Maximum *mc* aus sinkt, bis sie jenen des ersteren, *ma*, gleich kommen. Die hierher gehörigen Körper werden als negativ einachsig bezeichnet. Beziehen wir die optischen Achsen auf die in zwei aufeinander senkrechten Richtungen verschiedenen Aetherelasticitäten, so leuchtet ein, dass in den positiven Körpern die optische Achse mit der Achse der grössten Elasticität, in der negativen mit jener der kleinsten Elasticität zusammenfällt.

Die Brechungsverhältnisse der optisch zweiachsigen Körper zeigen die eben geschilderten einfachen Beziehungen nicht. Bei ihnen ist keiner der beiden Theilstrahlen ein ordentlich gebrochener, d. h. es durchläuft keiner derselben den betreffenden Krystall mit stets gleicher Geschwindigkeit, indem er dem Gesetze der gewöhnlichen Brechung folgt. Man beobachtet hier drei aufeinander senkrechte Richtungen *ab*, *cd* und



ef (Fig. 246), in denen die Fortpflanzungsgeschwindigkeit von einem bestimmten Punkte ausgehender Strahlen, also auch die damit in Beziehung stehende Elasticität des Aethers eine verschiedene ist. Die diesen Richtungen entsprechenden Linien haben daher auch den Namen Elasticitätsachsen, und eine Ebene, welche durch je zwei derselben bestimmt wird, den Namen Hauptschnitt eines zweiachsigen Krystalles erhalten.

Die optischen Achsen *mn* und *op* (Fig. 247), welche in ihrer Neigung gegeneinander von 0° bis 90° wechseln können, liegen immer symmetrisch in derjenigen Ebene, welche die Richtungen der grössten (*ab*) und kleinsten (*cd*) Fortpflanzungsgeschwindigkeit, also die Achsen der grössten und kleinsten Aetherelasticität enthält und es halbiren diese den spitzen sowohl als den stumpfen Winkel, welche die ersteren miteinander bilden. Diejenige Elasticitätsachse, welche den spitzen Winkel halbirt, heisst die Mittellinie des zweiachsigen Krystalles, und dieser selbst wird positiv genannt, wenn die Mittellinie der Richtung der kleinsten, negativ, wenn sie der Richtung der grössten Fortpflanzungsgeschwindigkeit oder Aetherelasticität entspricht.

Polarisation durch Doppelbrechung. — Untersucht man mittelst einer parallel zur Achse geschnittenen Turmalinplatte die beiden Theil-

strahlen, in welche ein Lichtstrahl bei seinem Durchgange durch einen doppelt brechenden Krystall gespalten wird, so findet man, dass dieselben vollständig und rechtwinklig zueinander polarisirt sind. Die Schwingungen des ordentlichen Strahles verlaufen in einer zu dem Hauptschnitte senkrechten Ebene, während jene der ausserordentlichen Strahlen in dem Hauptschnitt selbst stattfinden.

Polarisirende Prismen. — Prismen aus doppelt brechenden Krystallen, namentlich aus dem leicht zu behandelnden isländischen Kalkspath, lassen sich auf Grund der eben beschriebenen Eigenschaften der beiden Theilstrahlen statt der früher erwähnten Mittel als polarisirende Apparate benutzen. Bei dem gewöhnlichen Polarisationsapparate dienen sie zweckmässig als Analysatoren, während sie bei dem Polarisationsmikroskope als Polarisator und Analysator gebraucht werden.

Benutzt man ein doppelt brechendes Prisma als Analysator, so erhält man zwei entgegengesetzt polarisirte Bilder, welche während der Umdrehung des ersteren um seine senkrechte Achse abwechselnd hell und dunkel erscheinen, und zwar in der Art, dass wenn das eine an Helligkeit zu-, das andere abnimmt, und dass, wenn das eine den höchsten Grad der Helligkeit erreicht hat, das andere vollständig dunkel erscheint, was jedesmal eintritt, sobald die Polarisationsebenen des Polarisators und Analysators einen Winkel von 90° bilden. Gleiche Helligkeit beider Bilder wird dann beobachtet, wenn die beiden Polarisationsebenen unter einem Winkel von 45° gegeneinander geneigt sind.

Da nun bei dem Vorhandensein von zwei Bildern mancherlei störende Anschauungen während der Beobachtung mit unterlaufen, so muss man Sorge tragen, eines dieser Bilder, d. h. die dasselbe hervorbringenden Strahlen zu entfernen.

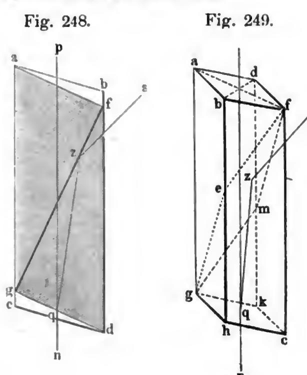


Fig. 248. Fig. 249.

Nicol hat in sinnreicher Weise gelehrt, die Gesetze der gänzlichen Zurückwerfung für den Canadabalsam und Kalkspath zu benutzen, um den ordentlichen Strahl zu entfernen und nur dem ausserordentlichen den Durchgang durch das Prisma zu gestatten. Zu diesem Zwecke werden die Endflächen eines etwas in die Länge gestreckten, Fig. 248 im Durchschnitt gezeichneten Kalkspathrhomboëders *abcd*, welche mit den scharfen Seitenkanten einen Winkel von nahezu 71° bilden, derart abgeschliffen, dass sie mit den-

selben nur noch einen Winkel von 68° bilden, und dass die beiden neuen Flächen *af* und *dg* senkrecht auf der optischen Achse stehen. Hierauf nimmt man die eine Hälfte des Prismas derart weg, dass die entstehende Fläche *fg* parallel der optischen Achse ist. Nachdem von einem zweiten gleich behandelten Rhomboëder die entgegengesetzte Hälfte in gleicher Weise hinweggenommen ist, kittet man diese beiden symmetrischen Hälften mittelst Canadabalsams zusammen und erhält ein Prisma (Fig. 249 s. v. S.) mit vier ebenen senkrechten Seitenflächen, welche aussen geschwärzt werden, und mit zwei geneigten rhombischen Endflächen, deren Diagonalen *af* und *cg* den durch dieselben Buchstaben bezeichneten Richtungen in der Fig. 248 entsprechen. Die Ebene *acfg* beider Figuren entspricht dem Hauptschnitte der Kalkspathrhomboëder und die Trennungsfläche *fglm* steht senkrecht auf demselben. Von den Diagonalen der Endflächen heisst *af*, welche den höchsten und tiefsten Punkt derselben verbindet, die kürzere, *bd*, welche durch die gleich hoch gelegenen Endpunkte geht, die längere, und aus dem Obigen geht hervor, dass diese letztere zugleich die Polarisationsebene des Prismas bestimmt.

Fällt nun ein Strahl gewöhnlichen Lichtes *nq* auf die untere Endfläche des so hergestellten Prismas (Fig. 249), so wird er vermöge der Doppelbrechung in zwei Strahlen gespalten. Der ordentliche Strahl geht in der Richtung *nr*, der ausserordentliche in der Richtung *nqp* dahin. Ersterer trifft die dünne Schicht des Canadabalsams in einem solchen Winkel, dass er eine vollständige Zurückwerfung nach *rs* erleidet und an der geschwärzten Seitenfläche verschluckt wird. Der ausserordentliche Strahl dagegen geht durch das Prisma hindurch und tritt an der oberen Endfläche parallel mit seiner ursprünglichen Richtung aus, indem er senkrecht auf den Hauptschnitt des Prismas polarisirt erscheint.

Verbindet man ein derartiges „Nicol'sches" Prisma als Zerleger mit einem Polarisator irgend einer Art, bei dem zusammengesetzten Mikroskope mit einem zweiten Nicol, so erblickt man durch dasselbe nur ein einziges Bild. Dasselbe erscheint hell, wenn die Polarisationsebenen des Polarisators und Zerlegers parallel sind, halbhell, wenn sie einen Winkel von 45°, und dunkel, wenn sie einen rechten Winkel miteinander bilden.

Da schon aus theoretischen Gründen jeder der beiden Theilstrahlen, in welchen ein gewöhnlicher Lichtstrahl durch die doppelte Brechung gespalten wird, nur die halbe Lichtstärke besitzt und diese in dem oberen Prisma noch einmal eine Theilung erleidet, da ausserdem durch Spiegelung u. s. w. eine gewisse Menge Lichtes verloren geht, so darf man, wenn zwei Nicol'sche Prismen als Polarisationsapparat benutzt werden, immer nur auf weniger als $^1/_4$ derjenigen Lichtstärke rechnen, welche bei der gewöhnlichen mikroskopischen Beobachtung zu Gebote steht.

Um diesem Lichtverluste entgegen zu wirken, bringt man in neuerer Zeit nach dem Vorschlage H. v. Mohl's eine lichtconcentrirende Linse über dem polarisirenden Prisma an, welche auch durch ein Linsensystem

ersetzt werden kann, ohne dass indessen mit diesem Tausche ein besonderer Vortheil erreicht würde.

3. Doppelbrechung in amorphen Körpern.

Haben wir in dem Voranstehenden, wo es galt, die Doppelbrechung als Polarisationsmittel verständlich zu machen und deren Gesetze im Allgemeinen zu erläutern, uns nur auf die Krystalle bezogen, so ist mit ihnen doch das Gebiet der doppelt brechenden Körper nicht erschöpft. Lässt sich schon aus dem optischen Verhalten der Krystalle der Schluss ziehen, dass es vorzugsweise die Anordnung und die Beschaffenheit der kleinsten Theilchen der Materie seien, welche eben jenes bedingen, so geht dieses noch um so überzeugender daraus hervor, dass auch sonst einfach brechende Körper durch sogenannte Spannung, d. h. durch Aufhebung des inneren Gleichgewichtszustandes der Materie in doppelt brechende übergeführt werden können. Zu dieser letzteren Classe von Körpern gehören offenbar die meisten der für den Mikroskopiker wichtigsten organischen Objecte, in denen eine doppelte Brechung beobachtet wird.

Gehen wir auf die Ursachen zurück, welche solche Gleichgewichtsstörungen der Materie, oder nach dem gangbaren Ausdrucke Spannungen hervorrufen können, so sind es, soweit bis jetzt bekannt, vorzugsweise der Druck, die Wärme und die Verdunstung. Einseitig oder vielseitig ausgeübter, aber vermöge innerer Structurverhältnisse der betreffenden Körper in verschiedenen Richtungen ungleich wirkender Druck kann z. B. Glas, welches ursprünglich einfach bricht, in einen doppelt brechenden Körper umwandeln. Es können sogar je nach der Wirkungsweise des Druckes dieselben Körper bald positiv, bald negativ erscheinen. So verhält sich z. B. eine von aussen gedrückte Hohlkugel negativ, eine von innen gedrückte positiv. Einseitig erwärmte Gläser werden doppelt brechend und behalten diese Eigenschaft bleibend, wenn durch eine rasche einseitige Rückkehr zu der früheren Temperatur bleibende Spannungen in denselben hervorgerufen werden. Gleichmässige Erwärmung führt in nach verschiedenen Richtungen hin sich ungleichmässig ausdehnenden Körpern zu ähnlichen Erscheinungen. Von aussen erwärmte oder abgekühlte Hohlkugeln aus Glas, bei denen noch nicht alle Schichten eine gleichmässige Temperatur angenommen haben, werden erstere positiv, letztere negativ doppelt brechend. In ähnlicher Weise wie Druck und Erwärmung kann die Verdunstung wirken, indem die hierdurch aus dem Innern der Körper entführten Flüssigkeitstheilchen Veränderungen in der Gleichgewichtslage der Materie hervorrufen. Bei den Polarisationserscheinungen der organischen Körper, welche in dem speciellen Theile zu behandeln sind, werden wir Gelegenheit haben, auf diese Verhältnisse eingehender zurückzukommen.

4. Einfluss doppelt brechender Körper auf bereits polarisirtes Licht.

Wie ein doppelt brechender Körper das Licht in bestimmten Richtungen zu polarisiren vermag, so kann er auch — und dies ist die für uns wichtigere Seite seines Verhaltens — bereits polarisirtes, d. h. in einer Ebene schwingendes Licht so verändern, dass es bei gewissen Stellungen der Polarisationsebene zu seiner optischen Achse wiederum in einer oder zwei anderen Ebenen schwingt. Ein Lichtstrahl, der bei gekreuzter Stellung der Polarisationsebenen des Polarisators und Analysators von dem oberen Spiegel nicht mehr zurückgeworfen wird, kann durch das Dazwischentreten eines doppelt brechenden Krystalles so verändert werden, dass er wieder nach einer oder zwei Richtungen gespiegelt erscheint. Um sich diesen Einfluss eines doppelt brechenden Körpers vor Augen zu bringen, braucht man nur zwischen Polarisator und Zerleger ein sehr dünnes Gypsblättchen einzuschalten, während deren Polarisationsebenen einen rechten Winkel miteinander bilden. Man wird dann finden, dass das von dem Polarisator ausgehende Licht von dem oberen Spiegel wieder vollkommen zurückgeworfen wird, sobald der Hauptschnitt des Minerales mit den Polarisationsebenen einen Winkel von 45⁰ macht.

Die Erscheinungen, welche durch diesen Einfluss der doppelt brechenden Körper hervorgerufen werden, sind mannichfacher Art. Für uns haben indessen nur wenige eine besondere Wichtigkeit, deren Betrachtung wir uns nicht entziehen dürfen. Dieselben beziehen sich auf die Wirkung, welche ein einzelner oder mehrere doppelt brechende Körper ausüben, wenn sie, während diese sich in gekreuzter Stellung befinden, zwischen Polarisator und Analysator eingeschaltet und mittelst weissen, bei der mikroskopischen Beobachtung allein in Betracht kommenden Lichtes beobachtet werden.

Verhalten eines einzelnen doppelt brechenden, parallel zur Achsenebene geschliffenen Krystallplättchens.

Schaltet man ein einzelnes, aus einem doppelt brechenden Krystalle, z. B. aus Gyps geschliffenes dünnes Plättchen, dessen Flächen der Ebene parallel sind, welche seine optische Achse enthält, zwischen die beiden Nicols ein, so beobachtet man folgende Erscheinungen. In zwei zu einander senkrechten Lagen äussert das Plättchen gar keinen Einfluss auf die Beschaffenheit des Gesichtsfeldes, und dieses bleibt vor wie nach dunkel. In jeder dieser Lagen fällt nämlich die Schwingungsebene je eines der beiden Strahlen, in welche der von dem unteren Nicol kommende Lichtstrahl bei seinem Durchgange durch die eingeschaltete Platte zerlegt wird, mit je einer der Schwingungsebenen der polarisirenden Prismen zusammen und die Schwingungen gehen unverändert weiter.

In jeder anderen Lage zwischen 0° und 90° erscheint dagegen das Gesichtsfeld, je nach der Dicke des eingeschalteten Plättchens, gefärbt, und zwar ist die Lebhaftigkeit der während der Drehung im Tone sich nicht ändernden Färbung am grössten, wenn die Schwingungsebenen der Prismen mit jenen der Krystallplatte einen Winkel von 45° bilden.

Diese Farbenerscheinungen haben, wie die Farbenringe dünner Schichten fester und flüssiger Körper, welche unter dem Namen der Newton'schen Farbenringe bekannt sind, ihren Grund darin, dass die Verzögerung, welche die, verschiedene Wellenlängen, also auch verschiedene Geschwindigkeiten besitzenden Elementarstrahlen des weissen Lichtes durch die Brechung erleiden, bei einer und derselben Dicke desselben Körpers eine verschiedene ist. Die einzelnen einfachen Strahlen treten daher in verschiedenen Schwingungszuständen aus dem eingeschalteten Plättchen heraus und erscheinen, aus dem Zerleger kommend, und nach ihrer Interferenz mit verschiedener Lichtstärke. Auf diese Weise entstehen Mischfarben, die vorzugsweise von jenen Strahlen abhängen, welche, in grösster Intensität auftretend, jene mit schwächerer Intensität mehr oder weniger vollständig löschen.

Färbung des verzögernden Plättchens bei gekreuzten Polarisationsebenen. — Aus allem dem geht hervor, wie wir es in unserer Gewalt haben, durch verschiedene Dicke des eingeschalteten sogenannten verzögernden Gypsplättchens verschiedene Färbungen des Gesichtsfeldes hervorzurufen. Diese entsprechen unter obiger Voraussetzung, d. h. bei rechtwinklig gekreuzten Polarisationsebenen, den Farben der Newton'schen Ringe in zurückgeworfenem Lichte, welche folgende Reihe bilden.

Erste Ordnung.

Schwarz	(Weiss)	(0)
Grau	(Gelblichweiss) .	(97)
Hellbläulich . . .	(Orange)	(158)
Weiss.	(Hellroth) . . .	(259)
Gelblichweiss . . .	(Rothviolett) . .	(267)
Gelb	(Indigo)	(306)
Glänzend gelb . .	(Blau).	(332)
Orange	(Blaugrünlich) .	(430)
Roth	(Hellgrün) . . .	(536)
Dunkelroth . . .	(Gelbgrün) . . .	(551)

Zweite Ordnung.

Purpur	(Grün)	(565)
Violett	(Hellgrün) . . .	(575)

Indigo	(Gelb)	(589)
Blau	(Orange) . . .	(664)
Grün	(Roth)	(747)
Gelb	(Indigo) . . .	(910)
Orange	(Blau)	(948)
Roth	(Grün)	(1101).

Dritte Ordnung.

Violett	(Gelbgrün) . .	(1128)
Indigo	(Gelb)	(1151)
Blau	(Rothgelb) . .	(1258)
Grün	(Roth)	(1376)
Grünlich gelb . .	(Violett) . . .	(1426)
Rosa	(Grünblau) . .	(1495)
Roth	(Grün)	(1621) *).

u. s. w.

Färbung des verzögernden Plättchens bei parallelen Polarisationsebenen. — Werden die Polarisationsebenen der beiden Prismen in parallele Stellung gebracht, so treten ähnliche Farbenerscheinungen auf. Es bilden jetzt aber die einer bestimmten Dicke des eingeschalteten Plättchens angehörenden, oben eingeklammerten, Farben die Complementärfarben derjenigen, welche bei gekreuzten Polarisationsebenen beobachtet wurden, entsprechen sonach den Newton'schen Farben für das durchgelassene Licht.

Bestimmung der Dicke der verzögernden Gypsplättchen. — Für die mikroskopischen Untersuchungen wird, wie wir weiter unten sehen werden, die Einschaltung eines verzögernden Gypsplättchens oft von hoher Wichtigkeit. Man beschränkt sich meist auf zwei, welche bei gekreuzten Nicols das eine das Roth erster Ordnung gibt, also eine theoretische Dicke von etwa 0,06 bis $0{,}07^{mm}$ hat, das andere das Roth zweiter Ordnung hervorruft und eine Dicke von etwa 0,126 bis $0{,}141^{mm}$ besitzt. Nur selten wird man Veranlassung finden, ein Roth höherer Ordnung zu verwenden, da dieselben zu wenig empfindlich sind. Dagegen ist das Blauviolett der dritten Ordnung, mit einer Dicke von 0,129 bis $0{,}144^{mm}$, für manche Objecte vortheilhaft zu verwenden, da dasselbe sehr empfindlich ist und in dieser Beziehung dem Roth erster Ordnung nahe steht. Zur Bestimmung der annähernden Dicke eines verzögernden Plättchens, das zur Hervorrufung einer gewünschten Färbung dienen soll, genügt eine einfache Rechnung. Man erhält dieselbe nämlich, wenn

*) Die eingeklammerten Zahlen geben die Luftdicke für die Newton'schen Farbenringe in Milliontheilen des Millimeters an.

man den der letzteren entsprechenden Dickenwerth der Luftschicht aus der Newton'schen Scala mit einem dem angewendeten Minerale entsprechenden Coefficienten multiplicirt, der für Gyps 115 oder 128, für Glimmer 220 beträgt.

Bestimmung der Farbe verzögernder Plättchen. — Da der Mikroskopiker ein Interesse daran haben muss, die Farbe seines verzögernden Plättchens genau zu bestimmen, um die später zu erörternden Verhältnisse richtig beurtheilen zu können, so wird es nicht unangemessen sein, die von Valentin zu einer solchen Bestimmung empfohlene (a. a. O. S. 139 u. f.) Methode mitzutheilen. Es beruht dieselbe auf dem Umstande, dass ein derartiges Plättchen, welches zwischen Polarisator und Analysator eingeschaltet dem Gesichtsfelde eine bestimmte Farbe ertheilt, wenn man mit doppelter Dicke beobachtet, letztere in einer ganz bestimmten Weise ändert, welche von der verwandten Farbe einer anderen Ordnung abweicht. Der gewöhnliche Nörrembergische Polarisationsapparat in einfachster Form, der wohl fast überall dem Mikroskopiker zur Verfügung stehen dürfte, reicht für eine derartige Bestimmung vollkommen aus. Man beobachtet mittelst desselben bei einfacher Dicke, wenn das betreffende Plättchen auf dem Tischchen, bei doppelter, wenn es auf dem unteren, horizontalen Spiegel liegt. Unser Gypsplättchen vom Roth erster Ordnung gibt, bei einfacher Dicke beobachtet, für gekreuzte Stellung der Polarisationsebenen ein feuriges Roth, für parallele Stellung ein blasses, aber lichtstarkes Grün, während unter gleichen Umständen für die doppelte Dicke ein blasses, mit etwas Orange gemischtes Roth und ein schönes lebhaftes Grün erscheint.

Aenderung der Farbe eines verzögernden Plättchens während der Drehung um seine horizontale Achse. — Wird ein parallel der Achsenebene geschnittenes Plättchen, dessen Schwingungsebenen die Polarisationsebenen unter Winkel von 45° schneiden, um eine seiner horizontalen Achsen derart gedreht, dass es eine geneigte Lage gegen die Achse des Polarisationsmikroskopes annimmt, so werden ähnliche Farbenänderungen hervorgerufen, wie wenn man Plättchen von verschiedener Dicke einschaltet, indem die polarisirten Lichtstrahlen während einer solchen Drehung und gemäss deren Grösse einen weiteren Weg zurückzulegen haben, als bei horizontaler Lage. Der durch diese Vergrösserung des Weges hervorgerufene Gangunterschied wird ein vermehrter, d. h. die Drehung wirkt gleich einer Verdickung des Plättchens, wenn die Drehungsachse in dem Hauptschnitt liegt, ein verminderter, d. h. die Drehung wirkt gleich einer Verdünnung des Plättchens, wenn jene in die zum Hauptschnitt senkrechte zweite ausgezeichnete Ebene fällt.

Dreht man z. B. das Gypsplättchen von Roth erster Ordnung, nachdem man es so eingeschaltet hat, dass seine Mittellinie mit den Polarisationsebenen einen Winkel von 45° macht, um diese, so steigt seine Farbe

in der Reihe der Newton'schen Ringe von Roth zu Violett, Indigo, Grün; sie sinkt dagegen nach Orange, Gelb, Weisslich, wenn die Drehung um eine zur Mittellinie senkrechte Achse ausgeführt wird. Die in ähnlicher Weise vorgenommene Drehung eines Gypsplättchens von Blau zweiter Ordnung ergibt für den ersten Fall Blau, Blaugrün, Grün, Gelblichgrün, also ein Steigen, für den anderen Blau, Violett, Roth, also ein Sinken der Farben.

Verhalten zweier oder mehrerer doppelt brechender, parallel zur Achsenebene geschliffener Krystallplättchen.

Werden an Stelle eines einzigen Plättchens deren zwei zwischen die beiden Prismen des Polarisationsmikroskopes eingeschaltet, so resultiren daraus Erscheinungen, welche für die mikroskopische Beobachtung von Wichtigkeit sind. Wir müssen denselben daher eine etwas eingehendere Betrachtung zu Theil werden lassen.

Bringt man zwei derartige Plättchen von gleichem Charakter, z. B. zwei Gypsplättchen, in solcher Lage zwischen die beiden gekreuzten Nicols, dass ihre gleichnamigen Schwingungsebenen zusammenfallen, man also eine sogenannte parallele Verdoppelung hat, so ist das Resultat das gleiche, als ob man ein einziges Plättchen von grösserer Dicke eingeschaltet hätte. Der Gangunterschied vergrössert sich, und die bei Beobachtung in weissem Lichte auftretenden Interferenzfarben steigen in der Reihenfolge der Newton'schen Farbenringe. Verbindet man dagegen die beiden Plättchen so mit einander, dass sich ihre gleichnamigen Schwingungsebenen kreuzen, die Schwingungsebene des ordentlichen Strahles im einen mit der Schwingungsebene des ausserordentlichen Strahles im anderen zusammenfällt, dass also der eine Strahl voraneilt, während der andere zurückbleibt, dann tritt bei dieser sogenannten gekreuzten Verdoppelung eine Verminderung im Gangunterschiede ein, und der Erfolg ist derselbe, als ob man ein dünneres Plättchen von demselben Charakter verwendet hätte, d. h. die Interferenzfarben nehmen eine niedrigere Stelle in der Scala ein.

Wäre z. B. ein Gypsplättchen von Roth und ein solches von Graublau erster Ordnung mit einander eingeschaltet worden, so würde dem Gesichtsfelde unter der ersteren Voraussetzung eine blaue, unter der anderen eine orangegelbe Färbung ertheilt worden sein. Die resultirenden Farben können jedesmal theoretisch berechnet werden. Sucht man nämlich diejenigen Zahlen auf, welche die Dicke des Spaltraumes angeben, der zur Erzeugung der, den Farben der verwendeten Plättchen entsprechenden Farben für die Newton'schen Farbenringe gefordert ist, so müssen diese im Falle des Zusammenfallens der homologen Schwingungsebenen addirt, im Falle der Kreuzung subtrahirt werden. Man kann daher der Kürze wegen die ersteren als Additionsfarben, die letzteren als Subtractionsfarben bezeichnen.

Die Complication ist bei der Möglichkeit einer ausgedehnten Reihe von Combinationen von Plättchen der verschiedensten Farben natürlich eine sehr bedeutende. Da jedoch für den ausübenden Mikroskopiker hauptsächlich jene Combinationen in Betracht kommen, welche mittelst der Gypsplättchen von Roth erster und zweiter und von Hellviolett dritter Ordnung, oder endlich durch Verbindung zweier gleichfarbiger Plättchen unter sich oder mit jenen Gypsplättchen erreicht werden, so wollen wir nur einige derjenigen Farben zusammenstellen, welche aus derartigen Verbindungen hervorgehen.

Verbindung verschieden dicker Gypsplättchen mit einem solchen von bekannter Farbe. — Betrachten wir zuerst einige Combinationen von Plättchen verschiedener Farben mit einem Gypsplättchen der drei genannten, so ergeben sich folgende Resultate:

a. Gypsplättchen, Roth erster Ordnung.

Farbe des zweiten Plättchens für sich.	Farben der Combination.	
	Additionsfarben.	Subtractionsfarben.
Grau . . . . 1. Ordnung	Violett . . . 2. Ordnung	Orangeroth . 1. Ordnung
Hell graublau 1. „	Blau . . . . 2. „	Gelb . . . . 1. „
Weiss . . . . 1. „	Grün . . . . 2. „	Weiss . . . 1. „
Gelb . . . . . 1. „	Gelb . . . . 2. „	Grau . . . . 1. „
Orange . . . 1. „	Orange . . . 2. „	Dunkelgrau . 1. „
Roth . . . . 1. „	Roth . . . . 2. „	Schwarz . . 1. „
Violett . . . . 2. „	Violett . . . 3. „	Dunkelgrau . 1. „
Indigo . . . . 2. „	Indigo . . . 3. „	Dunkelgrau . 1. „
Blau . . . . . 2. „	Blau . . . . 3. „	Hellblaugrau 1. „
Grün . . . . 2. „	Grün . . . . 3. „	Weiss . . . 1. „
Gelb . . . . . 2. „	Gelb . . . . 3. „	Gelb . . . . 1. „
Orange . . . 2. „	Rosa . . . . 3. „	Orange . . . 1. „
Roth . . . . 2. „	Roth . . . . 3. „	Roth . . . . 1. „

u. s. f.*).

*) Es ist hier zu bemerken, dass die resultirenden Farben nicht immer genau den oben angegebenen entsprechen, sondern in der Regel Zwischentöne bilden, so dass z. B. statt Grün der dritten Ordnung häufig Blaugrün, statt Weiss erster Ordnung Gelblich-Weiss erscheint. Ich habe immer diejenige Farbe der Newton'schen Scala gewählt, deren Zahlenausdruck die erhaltene Summe oder Differenz am nächsten stand.

b. Gypsplättchen, Roth zweiter Ordnung.

Farbe des zweiten Plättchens für sich.	Farben der Combination.	
	Additionsfarben.	Subtractionsfarben.
Grau . . . . 1. Ordnung	Violett . . . 3. Ordnung	Orange . . . 2. Ordnung
Graublau . . 1. „	Blau . . . . 3. „	Gelb . . . . 2. „
Weiss . . . 1. „	Grün . . . . 3. „	Grün . . . 2. „
Gelb . . . . 1. „	Gelb . . . . 3. „	Blau . . . . 2. „
Orange . . . 1. „	Rosa . . . . 3. „	Indigo . . . 2. „
Roth . . . . 1. „	Roth . . . . 3. „	Roth . . . . 1. „
Violett . . . 2. „	Violettgrau . 3. „	Röthlich . . 1. „
Indigo . . . 2. „	Blau . . . . 4. „	Orange . . . 1. „
Blau . . . . 2. „	Blaugrün . . 4. „	Gelb . . . . 1. „
Grün . . . . 2. „	Grün . . . . 4. „	Weiss . . . 1. „
Gelb . . . . 2. „	Graugrün . . 4. „	Hellgrau . . 1. „
Orange . . . 2. „	Gelbgrün . . 4. „	Grau . . . . 1. „
Roth . . . . 2. „	Roth . . . . 4. „	Schwarz . . 1. „

c. Gypsplättchen, Hellblauviolett dritter Ordnung, sogenanntes Uebergangsviolett.

Farbe des zweiten Plättchens für sich.	Farben der Combination.	
	Additionsfarben.	Subtractionsfarben.
Grau . . . . 1. Ordnung	Indigo . . . 3. Ordnung	Violettroth . 2. Ordnung
Graublau . . 1. „	Blau . . . . 3. „	Orange . . . 2. „
Weiss . . . 1. „	Grün . . . . 3. „	Gelb . . . . 2. „
Gelb . . . . 1. „	Gelb . . . . 3. „	Grün . . . 2. „
Orange . . . 1. „	Roth . . . . 8. „	Blau . . . . 2. „
Roth . . . . 1. „	Grauviolett . 3. „	Indigo . . . 2. „
Violett . . . 2. „	Grünlichblau 4. „	Purpur . . . 2. „
Indigo . . . 2. „	Blaugrün . . 4. „	Roth . . . . 1. „
Blau . . . . 2. „	Grün . . . . 4. „	Orange . . . 1. „
Grün . . . . 2. „	Graugrün . . 4. „	Gelb . . . . 1. „
Gelb . . . . 2. „	Gelblichgrün 4. „	Hellgrau . . 1. „
Orange . . . 2. „	Gelblichroth . 4. „	Grünblau . . 1. „
Roth . . . . 2. „	Roth . . . . 4. „	Grau . . . . 1. „

Beobachtet man bei paralleler Stellung der Polarisationsebenen, so treten die complementären Farben der oben angegebenen auf, die ich nicht näher berücksichtigt habe, da sie sich aus der Seite 416 gegebenen Tabelle leicht auffinden lassen und ausserdem diese Beobachtungsweise für das Mikroskop nur in Ausnahmefällen angewendet wird.

Farbenänderung bei der Drehung eines verzögernden Plättchens über einem Gypsplättchen von bekannter Farbe. — Wird ein parallel zur Achsenebene geschnittenes Plättchen auf einem feststehenden Gypsplättchen von bekannter Farbe gedreht, so geht die Additionsfarbe unter + 45° allmälig in jene des Gypsplättchens und dann in die Subtractionsfarbe unter — 45° über, ohne dass dieser Uebergang in den Tönen der Newton'schen Scala geschähe.

Dreht man z. B. ein Plättchen von Grünblau erster Ordnung auf dem Gypsplättchen Roth erster Ordnung, so erhält man Blau, Dunkelviolett, Violett, Roth, Blassroth, röthlich Graugelb, blass Orangegelb, Gelb. Auf demjenigen vom Hellblauviolett (Uebergangsviolett der dritten Ordnung) zeigt die Drehung desselben Plättchens Grün, Bläulichgrün, Hellblauviolett, Röthlichviolett, Roth mit verwischten Zwischentönen.

Farben zweier übereinander liegender Krystallplättchen von gleicher Dicke. — Befinden sich zwei Krystallplättchen von gleicher Dicke übereinander, so resultiren daraus verschiedene Farben, je nachdem dieselben mit den homologen Schwingungsebenen übereinander liegen, oder diese — zwischen 0° und 90° — einen grösseren oder kleineren Winkel mit einander machen. Sind die ungleichnamigen Schwingungsebenen übereinander gelagert, so wird unter allen Umständen das dunkele Gesichtsfeld wiedergegeben.

Der erstere Fall findet sich bei allen organischen Körpern, deren Achsen einen geraden Verlauf haben, während der andere da auftritt, wo die Achsen schief dahin gehen. Wir müssen daher beide Fälle etwas näher betrachten.

Liegen die beiden oder auch mehrere Plättchen mit ihren gleichnamigen Schwingungsebenen übereinandergeschichtet, so gehen daraus, wenn dieselben so orientirt werden, dass die letzteren mit den Polarisationsebenen einen Winkel von 45° bilden, Farben hervor, welche der doppelten, dreifachen u. s. w. Dicke entsprechen.

So z. B. geben zwei Plättchen von:

Grau erster Ordnung	Lavendelgrau erster Ordnung.
Lavendelgrau „ „	Hellgraublau „ „
Graublau „ „	Hellgelb „ „
Hellgraublau „ „	Orangegelb „ „
Weiss „ „	Orangeroth „ „
Gelblichweiss „ „	Roth „ „
Strohgelb „ „	Violett zweiter Ordnung
Hellgelb „ „	Indigo „ „
Glänzend Gelb „ „	Blau „ „
Orangegelb „ „	Grünlichgelb „ „
Orangeroth „ „	Orange „ „
Roth „ „	Roth „ „
Violett zweiter Ordnung	Indigo dritter Ordnung.
Indigo „ „	Blau „ „
Blau „ „	Grün „ „
Grün „ „	Rosa „ „
Gelb „ „	Hellgrün vierter Ordnung.
Orange „ „	Graugrün „ „
Roth „ „	Grauweiss „ „

Werden die Plättchen so übereinander geschichtet, dass ihre Schwingungsebenen einen Winkel miteinander bilden, und so orientirt, dass die Linie, welche diesen Winkel halbirt, unter 45⁰ mit den Polarisationsebenen dahin geht, so ändern sich die oben beschriebenen Additionsfarben.

So geben zwei Plättchen von Graublau, wenn ihre Schwingungsebenen übereinander fallen, die Additionsfarbe Hellgelb, diese ändert sich bei einem Drehungswinkel von $^1/_4$ Rechten in heller Gelb, von $^1/_2$ R. in Weisslich, von $^3/_4$ R. in Bläulichweiss, von 1 R. in Schwarz und geht bei weiterer Drehung bis zu 2 R. oder 180⁰ in denselben Tönen wieder nach Hellgelb zurück. Zwei Gypsplättchen von Roth erster Ordnung in derselben Weise aufeinander gelegt und gedreht bleiben Roth, es ist diese Farbe jedoch zwischen $^1/_2$ und $1^1/_2$ R. etwas dunkeler, d. h. sie nähert sich mehr dem Roth erster Ordnung als in den Quadranten zwischen 0^0 und $+ 45^0$ und zwischen 90^0 und $- 45^0$.

Orientirt man die beiden Plättchen so, dass die den Drehungswinkel halbirende Linie mit den Polarisationsebenen zusammenfällt, so geben dieselben Farben, solange ihre gleichnamigen Schwingungsebenen nicht zusammenfallen oder sich kreuzen, in welchem Falle das Gesichtsfeld dunkel bleibt. Es zeigen z. B. die beiden Plättchen von Graublau Hellbläulichgrau, wenn ihre Schwingungsebenen einen Winkel von 45⁰ miteinander machen, Dunkelbläulichgrau, wenn sie unter $^1/_4$ oder $^3/_4$ Rechten gegeneinander geneigt sind. Zwei Plättchen von Roth erster Ordnung geben bei 45⁰ Violett, bei $^1/_4$ und $^3/_4$ R. Dunkelviolett.

Farben zweier gleicher Krystallplättchen über einem feststehenden Gypsplättchen. — Verbindet man zwei übereinander geschichtete Plättchen von gleicher Farbe mit einem feststehenden Gypsplättchen, so sind die daraus hervorgehenden Farben einestheils von den Winkeln, welche die Schwingungsebenen derselben untereinander oder mit der diese halbirenden Mittellinie machen, anderentheils von der Stellung dieser letzteren selbst gegen die Polarisationsebenen abhängig.

Um ein Beispiel der hier auftretenden Farbenerscheinungen zu geben, welche für die Beurtheilung der optischen Verhältnisse solcher organischer Körper wichtig werden, deren Achsen schief verlaufen, stelle ich dieselben für die obigen zwei Plättchen von Graublau erster Ordnung zusammen, deren Schwingungsebenen unter Winkeln von 0⁰ bis 180⁰ gegeneinander geneigt waren und welche über einem Gypsplättchen von Roth erster Ordnung gedreht wurden.

Orientirung.	Winkel, welchen die Schwingungsebenen unter sich und mit der Mittellinie machen.								
	0⁰	1/4 R. / 1/8 R	1/2 R. / 1/4 R.	3/4 R. / 3/8 R.	1 R. / 1/2 R.	5/4 R. / 5/8 R.	3/2 R. / 3/4 R.	7/4 R. / 7/8 R.	180⁰ / 1 R.
+ 45⁰	Bläulichgrün.	Blaugrün.	Blau mit Grün.	Blau.	Roth.	Orange.	Gelborange.	Hellorangeglb.	Gelbweiss.
0⁰	Roth 1.	Rothviolett.	Blauviolett.	Indigo.	Roth.	Rothorange.	Röthlichorange.	Orange.	Roth.
— 45⁰	Gelbweiss.	Hellorangeglb.	Gelborange.	Orange.	Roth.	Blau.	Blau mit Grün	Blaugrün.	Grün.
90⁰	Roth 1.	Orange.	Röthlichorange.	Roth. orange.	Roth	Indigo.	Blauviolett.	Rothviolett.	Roth.

Betrachten wir dies Verhalten näher, so ergibt sich, dass in der Lage von + 45⁰, wo also die den Winkel der Schwingungsebenen der geschichteten Plättchen halbirende Mittellinie mit der Schwingungsebene des Gypsplättchens zusammenfällt, die Farben sich solange in Addition befinden, als der Winkel mit der Mittellinie unter 1/2 R. (45⁰) bleibt, wenn dieser Winkel gleich 1/2 R. ist, der Gypsgrund wiedergegeben wird, und endlich die Interferenzfarben in Subtractionsfarben übergehen, sobald derselbe über 1/2 (45⁰) R. bis zu 1 R. (90⁰) steigt. In der Stellung — 45⁰ findet das Umgekehrte statt, solange der Winkel zwischen der Mittellinie und den Schwingungsebenen nicht 1/2 R. (45⁰) beträgt, in welchem Falle sich die Combination als neutral erweist. Im ersteren Falle bemerken wir ein Sinken, im anderen ein Steigen der beiderlei Interferenzfarben.

Sind die geschichteten Plättchen so orientirt, dass die Mittellinie mit einer der beiden Polarisationsebenen zusammenfällt, so haben wir unter 0⁰ bei einem unter 45⁰ bleibenden Winkel Additionsfarben, bei einem über 45⁰ steigenden Winkel dagegen Subtractionsfarben und un-

ter 90° findet eine Vertauschung der Interferenzfarben statt. Bei der ersteren Orientirung findet zwischen 0° und 45° ein Steigen, zwischen 45° und 90° ein Sinken, bei der zweiten Orientirung eine Umkehrung dieser Erscheinung statt, während unter 45° und 90° Roth hervortritt.

Dreht man die Combination allmälig aus der Stellung von + 45° nach 0°, — 45° und 90°, so werden eine Reihe von Farbentönen durchlaufen, welche zwar Mitteltöne zwischen den in der Tabelle gegebenen acht Farben bilden, nicht aber mit der Newton'schen Farbenreihe übereinstimmen. So treten z. B. für die beiden oben genannten Plättchen, bei einer Neigung der Schwingungsebenen von 45°, Grün mit Blau, Hellblau, dunkler Blau, Indigo, Blauviolett, Hellviolett, Lila, Gelbweiss, Gelb, Orangegelb, Orange nach einander auf.

Verhalten senkrecht zur optischen Achse geschnittener einachsiger, oder senkrecht zur Mittellinie geschnittener zweiachsiger Krystallplatten.

Polarisationskreuz der einachsigen Platten. — Beobachtet man eine senkrecht zur optischen Achse geschnittene dickere, keine Farben gebende ebene Platte eines einachsigen Krystalles (mit Ausnahme des Bergkrystalles) bei gekreuzten Polarisationsebenen, so bleibt das Gesichtsfeld für alle Stellungen der Platte vollkommen dunkel, sobald diese eine nur geringe Ausdehnung hat. Es werden nämlich für diesen Fall alle senkrecht durchgehenden Strahlen ordentlich gebrochen und können keine Interferenzen verursachen. Nimmt die Platte eine grössere Ausdehnung an, so dass die in den äusseren Theilen durchtretenden Strahlen eine mehr geneigte Richtung gegen das Auge erlangen, oder ruft man diese Neigung für kleinere Platten durch Anwendung von lichtconcentrirenden Linsen hervor, so ändert sich das Verhalten. Man erblickt jetzt bei jeder beliebigen Stellung der um ihre senkrechte Achse gedrehten Platte das Gesichtsfeld in der Mitte dunkel, in den äusseren Theilen aber von zwei, in aufeinander senkrechten, den Projectionen der Polarisationsebenen entsprechenden Richtungen dahingehenden dunkelen Bändern durchsetzt, während die dazwischenliegenden Quadranten derart erhellt erscheinen, dass das Maximum der Helligkeit in den unter 45° verlaufenden Radien auftritt. Die Erklärung dieser Erscheinung lässt sich einfach geben. Sämmtliche durch die Mitte der Platte gehenden Strahlen haben eine senkrechte Richtung, verlaufen also der optischen Achse parallel und können keine Veränderung in dem Gesichtsfelde hervorbringen. Das Gleiche wird bei allen den Strahlen stattfinden, welche den Krystall in jenen seiner unzähligen Hauptschnitte durchlaufen, welche mit den beiden Polarisationsebenen zusammenfallen. Da indessen auch die in der Nähe der beiden genannten Hauptschnitte durchgehenden Strahlen nur eine geringe Ablenkung erfahren und von dem Zerleger

zum grössten Theile zurückgehalten werden, so erlangt das dunkele Kreuz immer eine bestimmte Breite und geht erst allmälig in die leuchtenden Stellen der Quadranten über, welche durch die, zur optischen Achse geneigt durchgehenden, in einen ordentlichen und ausserordentlichen Strahl zerlegten Lichtstrahlen hervorgebracht werden.

Hat die Platte eine bedeutendere Ausdehnung erlangt, so treten bei Beobachtung in weissem Lichte neben dem Polarisationskreuze noch concentrische, die Newton'sche Farbe zeigende Ringsysteme auf.

Hyperbeln der zweiachsigen Platten. — Schaltet man an Stelle der einachsigen eine solche Platte ein, welche aus einem zweiachsigen Krystalle senkrecht zur Mittellinie geschnitten ist, so ändern sich die auftretenden Interferenzerscheinungen wesentlich. Das schwarze Kreuz tritt jetzt nur dann auf, wenn die Ebene, welche man sich durch die beiden optischen Achsen gelegt denken kann, mit einer der beiden Polarisationsebenen parallel ist. Dreht man dagegen die Platte um ihren senkrechten Durchmesser, so wandeln sich die Kreuzesarme in zwei die Achsenebene schneidende Hyperbeln um, deren grösste Entfernung eintritt, sobald jene Ebene die Polarisationsebenen unter einem Winkel von 45° schneidet.

Farben dünner Plättchen zweiachsiger Krystalle. — Werden die zweiachsigen, senkrecht zur Mittellinie geschnittenen Plättchen so dünn, dass sie glatte Farben zeigen (wofür der Glimmer ein Beispiel gibt), so lassen sich mittelst derselben ähnliche Erscheinungen hervorrufen, wie mittelst der parallel zur Achsenebene geschliffenen einachsigen.

Nur bei der Drehung um eine horizontale Achse ändert sich das Verhalten, je nachdem diese in die Achsenebene des Plättchens fällt, oder auf der Mittellinie senkrecht steht. Wird z. B. ein Glimmerplättchen von Graublau erster Ordnung, um eine in der Achsenebene liegende, also mit der kleinsten Elasticitätsachse parallele Achse gedreht, so gibt dasselbe für sich: Hellblaugrau, Weiss, Gelb, Orange, Roth, Violett, über einem Gypsplättchen von Roth erster Ordnung: Blau, Grün, Gelb, Orange, Roth, Violett, Blau, über einem solchen von Hellblauviolett dritter Ordnung: Grün, Gelbgrün, Rosa, Purpur, Grauviolett, Graugrün. Geschieht die Drehung um eine auf der Achsenebene senkrechte, also mit der mittleren Elasticitätsachse parallele Achse, so hat man für sich: Hellblaugrau, Dunkelgrau, Schwarz, (und dann in etwas rascherer Folge) Dunkelgrau, Hellblaugrau, Weiss, Gelb, über dem Gypsplättchen von Roth erster Ordnung: Gelb, Orange, Roth, Violett, Blau, Grün, Gelb, über jenem von Hellblauviolett dritter Ordnung: Roth, Rothviolett, Hellblauviolett, Blaugrün, Grün, Gelbgrün, Rosa. In diesem Falle verhält sich also das Glimmerplättchen bei einer bestimmten, von seinem Achsenwinkel abhängigen Neigung gegen die Achse des Polarisationsinstrumentes neutral, weil die eine seiner optischen Achsen in senkrechte Lage kommt und

die polarisirten Lichtstrahlen unverändert durchgehen. Wir sehen daher an dieser Stelle entweder das Dunkel des Gesichtsfeldes, oder die Farbe des fest eingeschalteten verzögernden Plättchens auftreten.

Circularpolarisation des Bergkrystalles.

Der Bergkrystall unterscheidet sich in seinem Verhalten gegen polarisirtes Licht wesentlich von den übrigen einachsigen Krystallen. Bringt man eine aus diesem Mineral senkrecht zur Achse geschnittene Platte in den polarisirenden Apparat, so erscheint das Gesichtsfeld lebhaft gefärbt, und es ändert sich die Färbung je nach der Drehung des Zerlegers. In keiner Stellung desselben erscheint das Gesichtsfeld farblos, hell oder dunkel. Die beobachteten Farbenveränderungen während der Umdrehung des Zerlegers folgen sich in der Ordnung der prismatischen Farben. Bei manchen Bergkrystallen erhält man, im Verlaufe der Drehung nach der rechten Seite, also von 0° nach 270° (Fig. 250, S. 432), nacheinander Roth, Orange, Gelb, Grün, Blau, Indigo, Violett, während bei anderen dieselbe Farbenreihe auftritt, wenn die Drehung nach der linken Seite hin, also von 0° nach 90° vorgenommen wird. Platten ersterer Art heissen rechts drehende, die anderen links drehende.

Man hat diese Erscheinungen auf die kreisförmige Polarisation des Lichtes zurückgeführt, indem man annahm, dass der Bergkrystall in der Richtung der optischen Achse einen ihm zugeleiteten geradlinig oder linear polarisirten Strahl in einen links und einen rechts kreisförmig polarisirten Strahl spalte, durch deren Interferenzen die erwähnten Farbenerscheinungen hervorgerufen werden.

Diese Annahme erhält ihre Begründung darin, dass man im Stande ist, ähnliche Erscheinungen hervorzubringen, wenn man linear polarisirtes Licht durch irgend eine Veranstaltung in kreisförmig polarisirtes überführt. Hierzu eignet sich neben anderen Mitteln namentlich ein Glimmerplättchen, welches für gelbes Licht und annähernd auch für alle anderen einfachen Farben einen Gangunterschied der beiden Strahlen von $^1/_4$ Wellenlänge bewirkt.

Schaltet man ein solches Plättchen so in den Polarisationsapparat ein, dass es bei gekreuzten Polarisationsebenen dem Gesichtsfelde unter gleichzeitig stärkster Erhellung eine hellblaugraue Färbung ertheilt, so kann man den Analysator um seine Achse drehen, ohne dass sich die Helligkeit merklich ändert, während bei paralleler Stellung der Polarisationsebenen die graublaue Färbung des Gesichtsfeldes in eine blassgelbe übergeführt wird. Man erhält auf diese Weise rechts kreisförmig polarisirtes Licht, wenn die Achsenebene des Plättchens den ersten und dritten Quadranten unter 45° schneidet. Hat man das letztere so eingeschaltet, dass seine Achsenebene den zweiten und vierten Quadranten unter 45° schneidet, so wird links kreisförmig polarisirtes Licht erzeugt. Dreht man endlich das Gypsplättchen selbst um seinen

senkrechten Durchmesser, so dass seine Achsenebene zwischen 0° und 45° fällt, so erhält man elliptisch polarisirtes Licht.

Um die für den Bergkrystall beobachteten Erscheinungen für andere Krystalle hervorzurufen, verfährt man auf folgende Weise. Zuerst wird ein $^1/_4$ Glimmerplättchen so in den Apparat eingeschaltet, dass seine Schwingungsebenen mit den Polarisationsebenen Winkel von 45° bilden, darüber legt man ein Gypsplättchen von bekannter Farbe so ein, dass seine Schwingungsebenen mit den Polarisationsebenen zusammenfallen, und bringt endlich über diesem ein zweites $^1/_4$ Glimmerplättchen derart an, dass die gleichnamigen Schwingungsebenen mit jenen des erst eingeschalteten Plättchens übereinstimmen, oder dieselben kreuzen, wodurch man links oder rechts circularpolarisirtes Licht erhält. Wird hierauf der Zerleger um seine Achse gedreht, so erhält man analoge Farbenänderungen des Gesichtsfeldes, wie sie bei der Einschaltung einer senkrecht zur Achse geschnittenen Bergkrystallplatte beobachtet wurden. Ein Gypsplättchen von Blau zweiter Ordnung gibt z. B. Grün, Blau, Violett, Roth, Orange, Gelb für rechts, Grün, Gelb, Orange, Roth, Violett, Blau für links circularpolarisirtes Licht, d. h. es erscheint bei Rechtsdrehung des Zerlegers für jenes die erste, für dieses die andere Farbenfolge und umgekehrt.

Für die mikroskopische Beobachtung kann die Ueberführung des linear polarisirten Lichtes in kreisförmig polarisirtes namentlich dann von Wichtigkeit werden, wenn es gilt, sich über die Richtung der optischen Achse organischer Objecte zu unterrichten. Man benutzt hierzu in der Regel das oben beschriebene Glimmerplättchen, welches einfach als $^1/_4$ Glimmerplättchen bezeichnet wird, und bei dem polarisirenden Apparat für das Mikroskop nicht fehlen sollte. Ueber dessen richtige Dicke verschafft man sich in derselben Weise Gewissheit, wie es oben für das Gypsplättchen angegeben wurde. Es muss dasselbe, wenn es die verlangte Wirkung ausüben soll, für einfache Dicke bei gekreuzten Polarisationsebenen Hellgraublau, bei parallelen Gelb mit einem geringen Stich ins Braune, für die doppelte Dicke im ersteren Falle Strohgelb, im anderen Blauviolett geben.

II. Bestimmung der optischen Eigenschaften organischer Körper.

Nachdem wir uns im Vorausgehenden mit den Grundlagen bekannt gemacht haben, auf denen das Verständniss und die Erklärung des optischen Verhaltens der organischen Körper beruht, können wir zur Bestimmung dieses letzteren selbst, und somit zu den Aufgaben übergehen, welche die Beobachtung der mikroskopischen Objecte mittelst polarisirten Lichtes zu lösen hat.

Diese Aufgaben sind folgende:

1. Ist zu entscheiden, ob das zur Beobachtung vorliegende Object einfach oder doppelt brechend, und wenn das letztere, ob es

2. ein- oder zweiachsig ist;

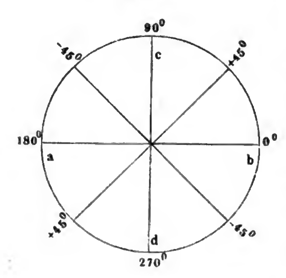
3. muss für den ersten Fall unter Nr. 2 die Richtung der optischen Achse, für den anderen die Lage der Elasticitätsachsen bestimmt, und endlich

4. die Frage beantwortet werden, ob dem betreffenden Objecte der positive oder negative Charakter zukomme.

Da bei der Entscheidung aller dieser Punkte des optischen Charakters die Drehung des Objectes um eine senkrechte Achse gefordert wird, so ist es von Vortheil, wenn das Polarisationsmikroskop mit einer gut centrirten Drehscheibe versehen ist, welche man in den Tisch einsetzen und wieder entfernen kann.

Die Richtung der Drehung lässt sich am einfachsten nach dem Quadranten des Drehungskreises bestimmen, welchen man durchlaufen hat. Um ein volles Einverständniss darüber zu erzielen, ist es gut, die Bezeichnung dieser Quadranten ein- für allemal fest zu normiren. Denkt man sich z. B. das Gesichtsfeld von vier Durchmessern rechtwinklig durchschnitten, von denen der eine *ab* (Fig. 250) bei gekreuzten Nicols mit der Polarisationsebene des oberen, der andere *cd* mit jener des unteren zusammenfällt, so mag der Punkt *a* als Anfangspunkt der Drehung 0°, *c* 90°, *b* 180°, *d* 270° des Drehungskreises entsprechen, und es ist die Richtung der Drehung vollständig bestimmt, wenn wir den Quadranten zwischen 0° und 90° als positiven, jenen zwischen 0° und 270° als negativen bezeichnen. Mit + 45° ist dann der Durchmesser zwischen 45° und 225°, mit — 45° jener zwischen 315° und 135°, mit + 90° jener zwischen 90° und 270°, mit — 90° endlich jener zwischen 270° und 90° gegeben, und es fallen alle Drehungen zwischen 0° und + 90°, 0° und — 90°.

Fig. 250.



Ermittlung der einfach- oder doppelt brechenden Eigenschaft.

Beobachtung im Quer- und Längsschnitt. — Um die erste Aufgabe zu lösen, d. h. um zu bestimmen, ob ein Object einfach oder doppelt bricht, bringt man dasselbe, während sich die beiden Nicols des Polarisationsmikroskopes in gekreuzter Stellung befinden, in das Gesichtsfeld und dreht es um seinen senkrechten Durchmesser. Bleibt das Ge-

sichtsfeld, während man die Drehung vollzieht, in allen seinen Theilen dunkel, so darf man nur dann auf einfache Brechung schliessen, wenn das Object eine gewisse Ausdehnung besitzt. Ist diese eine geringere, haben wir z. B. den Querdurchschnitt einer sehr feinen Röhre oder Faser vor uns, so bleibt die Entscheidung zu treffen zwischen einfach brechend und optisch einachsig mit einer der Achse des Mikroskopes parallelen Stellung der optischen Achse. Wir müssen deshalb — und es ist jedenfalls gut, denselben selbst bei ausgedehnteren Objecten niemals zu versäumen — zu einem Controlversuche schreiten. Der Gegenstand wird in einer zu der vorigen senkrechten Lage unter das Mikroskop gebracht, d. h. wenn man ihn vorher in seinem Querschnitte beobachtete, betrachtet man ihn jetzt in seinem Längsschnitte. Bleibt das Gesichtsfeld unter allen Umständen absolut dunkel, so ist man zu dem Schlusse berechtigt, dass man es mit einem einfach brechenden Körper zu thun habe.

Die einzige Möglichkeit einer Täuschung, die auch jetzt noch unterlaufen könnte, beruht auf dem Umstande, dass es oft schwierig wird, die niedrigsten Interferenzfarben der ersten Ordnung von dem Tone des dunkelen Gesichtsfeldes zu unterscheiden. Hat man nämlich sehr schwach brechende Objecte oder sehr zarte Schnitte, welche zur Beobachtung gelangen, so kann es vorkommen, dass vermöge des durch sie hervorgerufenen geringen Gangunterschiedes der interferirenden Strahlen nur die niedrigsten in verschiedenen Abstufungen eines ziemlich matten, dunklen Grau sich bewegenden Farben der Newton'schen Farbenringe auftreten und gänzlich übersehen würden.

Anwendung verzögernder Plättchen. — Um sicher zu gehen, schaltet man zwischen Object und Polarisator ein Krystallplättchen von bekannter Farbe ein und sieht zu, ob der gefärbte Grund des Gesichtsfeldes nicht in irgend einer Weise durch den Beobachtungsgegenstand geändert wird. Bleibt derselbe auch während der Drehung und in jeder Lage des Gegenstandes unverändert, so darf man, da sich bei der Anwendung solcher verzögernder Plättchen auch noch sehr geringe Spuren von Doppelbrechung verrathen, wohl jede Täuschung für ausgeschlossen halten.

Als solche verzögernde Plättchen wendet man in der Regel dünne Gypsplättchen an, weil diese lebhaftere Farben geben als Glimmerplättchen, welche hier und da noch gebraucht werden. In der Wahl der Farbe ist man nicht gerade beschränkt. Im Allgemeinen hat man aber Plättchen mit Farben der ersten oder zweiten Ordnung zu wählen, weil solche einmal einen weit reineren und lebhafteren Ton geben und diesen, was vorzugsweise zu berücksichtigen ist, bei gleicher Dicke des zu prüfenden Objectes, welches gleich einer Verdünnung oder Verdickung wirkt, am auffallendsten ändern. Ein Gypsplättchen vom Roth der ersten Ordnung dürfte im Allgemeinen für mikroskopische Untersuchungen das geeignetste sein. Die Aenderungen, welche bei dessen Anwendung durch Einschaltung eines zweiten doppelt brechenden Körpers in der Färbung

des Gesichtsfeldes hervorgerufen werden, sind nämlich für das Auge sowohl in der aufsteigenden als in der absteigenden Farbenreihe sehr empfindlich und werden äusserst leicht wahrgenommen. H. v. Mohl hat statt dieses Gypsplättchens für sehr schwach doppelt brechende Körper Glimmerplättchen empfohlen, welche dem Gesichtsfelde neben mässiger Erhellung eine schwach graublaue Färbung ertheilen, bei der die nebeneinander auftretende Erhellung und Verdunkelung in der Substanz des Objectes leicht wahrgenommen werden soll. Nach meinen Erfahrungen reicht man für diesen Zweck nicht allein mit dem Gypsplättchen vollkommen aus, sondern nimmt bei der rothen Färbung des Gesichtsfeldes schwach doppelt brechende Körper weit leichter wahr als bei der graublauen. Als äusserst empfindlich für schwache Farbenänderungen habe ich das Uebergangsviolett erkannt, und kann diese Farbe neben dem genannten Roth empfehlen. Doch mögen hier die Verschiedenheiten in dem Bau des Auges individuelle Unterschiede in der Farbenauffassung bedingen, über die eben jeder Beobachter selbst entscheiden muss.

Für schwierigere Fälle erweist sich die Anwendung eines gekreuzten Gypsplättchens vortheilhaft, welche schon 1855 von Bravais empfohlen worden ist. Zur Herstellung eines solchen verbindet man zwei Gypsplättchen von Roth erster Ordnung an ihren Rändern derart miteinander, dass sich ihre gleichnamigen Schwingungsebenen unter einem rechten Winkel schneiden. Ein doppelt brechender Körper auf die Grenzlinien beider Plättchen gebracht wird die Farbe des Gesichtsfeldes auf der einen Hälfte zum Steigen, auf der anderen zum Sinken bringen und so einen Farbenunterschied bedingen, der wegen des grösseren Contrastes auch bei schwächerer Färbung leicht wahrgenommen werden kann.

2. Bestimmung der einachsigen oder zweiachsigen Beschaffenheit.

Ob ein organisches Object ein- oder zweiachsig sei, ist schwieriger zu entscheiden als bei den krystallisirten Körpern. Während man hier in dem Auftreten von Hyperbeln oder anderen Curven während der Drehung senkrecht zur Mittellinie geschliffener Platten ein sicheres Kennzeichen für die Zweiachsigkeit hat, fällt dieses dort weg. Wir arbeiten bei organischen Objecten häufig unter so verwickelten Bedingungen, dass sich für einen bestimmten Entscheid immer nur einzelne, oft ziemlich unbestimmte Anhaltspunkte finden lassen, wenn wir neben dem Mikroskope nicht noch andere complicirte und kostspielige Apparate verwenden wollen, die dann aber wieder für die Erforschung der eigentlichen Elementarstructur ohne alle Bedeutung sind.

In den einfacheren Fällen, welche bei der Untersuchung organischer Elementarorgane vorkommen, und bei denen wir die optische Achse als mit einer der drei Dimensionen des betreffenden Objectes zusammenfal-

lend annehmen dürfen, lässt sich der Entscheid leicht fällen. Er liegt darin, dass, wenn das Object einachsig ist, bei irgend welcher, einer seiner Dimensionen entsprechenden Lage die optische Achse zur Wirkung kommen und die Doppelbrechung nach dieser Richtung hin aufgehoben erscheinen muss, dass dagegen bei zweiachsiger Beschaffenheit in jeder Lage des Objectes Interferenzfarben auftreten. Die einzige Schwierigkeit, welche sich hier geltend macht, liegt darin, dass, wenn die optische Achse bei faserförmigen Körpern mit der Längsachse zusammentrifft und der Querschnitt beobachtet wird, bei einer gewissen Ausdehnung desselben diejenigen Erscheinungen zu Tage kommen können, welche oben bei den senkrecht zur optischen Achse geschnittenen einachsigen Krystallen beschrieben wurden, so dass bei unseren kleinen Objecten ein Unterschied in dem Verhalten von ein- und zweiachsigen Körpern nicht gut festzustellen ist.

Die meisten organischen Elementarorgane sind nach meinen eigenen Erfahrungen und, soweit mir bekannt, nach dem übereinstimmenden Urtheile fast aller der Forscher, welche sich mit deren Untersuchung in polarisirtem Lichte beschäftigt haben, entweder optisch einachsig mit, je einer der drei Ausmessungen entsprechender, Achsenrichtung, oder es fallen bei zweiachsiger Beschaffenheit die beiden optischen Achsen für ungleiche Ausmessungen zeigende Elementarorgane in eine, die Längenausmessung und eine Querausmessung oder beide Querdimensionen enthaltende Ebene. In selteneren Fällen tritt auch schiefe Richtung der optischen Achse für einachsige Körper, oder eine Neigung der Achsenebene zu der durch je zwei Ausmessungen bestimmten Schnittebene auf. Bei den nachfolgenden Untersuchungen über die Lage der optischen und Elasticitäts-Achsen u. s. w. werde ich mich vorzugsweise auf die Annahme einer senkrechten Stellung derselben stützen. Etwaige, in einzelnen Fällen vorkommende Abweichungen in dieser Beziehung mögen bei den speciellen Untersuchungen der betreffenden Körperformen betrachtet werden.

3. Bestimmung der Achsenrichtung und des positiven oder negativen Charakters.

Einachsige Objecte.

Die einachsige Beschaffenheit vorausgesetzt, fällt die Bestimmung der Achsenrichtung und des positiven oder negativen Charakters in eine einzige Aufgabe zusammen, da die Erscheinungen, welche in Folge der verschiedenen Stellung der optischen Achsen und des wechselnden Charakters unter dem Polarisationsmikroskope beobachtet werden, unmittelbar voneinander abhängig sind.

Bezeichnung der Achsenrichtung. — Die Lage der optischen Achsen steht wie bei den Krystallen so bei den organischen Objecten in bestimmten Beziehungen zu deren Structur und Form, und empfiehlt es

sich daher, für dieselbe eine bestimmte, möglichst vereinfachte und den letzteren angepasste Bezeichnungsweise ein- für allemal festzuhalten. Nun sind die Formen, unter denen die Elementarorgane auftreten, immer mehr oder minder jenen des soliden oder hohlen Prismas, Cylinders, Polyëders, der Hohl- oder Vollkugel ähnlich oder auf dieselben zurückführbar, und wir können uns die Achsenrichtung bei senkrechter Stellung mit einer der drei Ausmessungen zusammenfallend oder ihr parallel verlaufend denken. Bei den prismatischen Körpern kann die optische Achse daher parallel dem Längendurchmesser, parallel den Seitenflächen, aber senkrecht zum Längendurchmesser, endlich senkrecht zu den Seitenflächen und dem Längendurchmesser dahingehen. Geht das Prisma in den Cylinder über, so fällt die erste Richtung mit der Achse, die zweite mit der Tangente, die dritte mit dem Radius zusammen. Da wir uns ausserdem das Prisma als in einem Cylinder beschrieben denken können, so fällt in beiden Körpern die Längsachse zusammen und es entspricht die mit den Seitenflächen parallele Richtung den mit diesen gleichgerichteten Tangenten des Cylindermantels, die auf jenen senkrechte dem Radius. Es wird daher für das Verständniss ausreichen, wenn wir die drei Achsenrichtungen für alle faserartigen Gebilde als axial oder senkrecht, als tangential und als radial bezeichnen.

Betrachten wir das Verhalten der drei Körperformen näher, so kommen für das Prisma und den Cylinder die aufrechte und liegende Stellung, also für mikroskopische Präparate der Querschnitt und der Längsschnitt oder die Längsansicht des isolirten Elementarorganes in Betracht, während für die Körper mit gleichen Ausmessungen, insbesondere für Polyeder und Kugel keine besondere Lage hervorzuheben sein dürfte.

a. Das Prisma.

Es gibt eine nicht unbeträchtliche Anzahl von organischen Präparaten der Elementarorgane, namentlich der Pflanzen, welche sich der Gestalt des hohlen Prismas nähern. Dasselbe kann unter verschiedenen Formen, namentlich als mehr oder minder regelmässiges vier-, fünf-, sechsseitiges Prisma auftreten. Der Einfachheit halber wird es am zweckmässigsten sein, wenn wir von dem vierseitigen Prisma ausgehen, weil sich die Erscheinungen von ihm aus leicht auf die anderen Formen übertragen lassen.

Verhalten des Querschnittes. — Der Querschnitt des vierseitigen Prismas bildet im einfachsten Falle ein Quadrat oder Rechteck. Nehmen wir an, die optische Achse eines zur Untersuchung kommenden Prismas verliefe parallel dem Längendurchmesser desselben, also axial oder senkrecht, so verhalten sich die Seitenwände gleich einem einfach brechenden Körper, und das Gesichtsfeld bleibt bei jeder Orientirung der letzteren dunkel. Geht die optische Achse tangential, also parallel mit den Seitenflächen, aber senkrecht zum Längendurchmesser, oder radial, d. h. senkrecht zu den Seitenflächen dahin, so erscheinen die Wände des Quer-

schnittes nur bei der Orientirung unter 0° und 90°, in welcher die beiden ausgezeichneten Ebenen mit den Polarisationsebenen zusammenfallen, dunkel, in jeder anderen Lage mit Interferenzfarben (bei hinreichend dünnen Schnitten weiss bis gelblichweiss glänzend) auf dunkelem Grunde, und zwar in der grössten Helligkeit unter + 45° oder — 45°. Wird der Querschnitt so über einem Gypsplättchen eingeschaltet, dass je zwei seiner gegenüberliegenden Seiten mit der einen, die beiden anderen mit der zweiten ausgezeichneten Ebene des ersteren parallel stehen, so zeigen bei positiver Beschaffenheit des Objectes die ersteren ein Steigen, die beiden anderen ein Sinken der Interferenzfarben, wenn die optische Achse tangential dahingeht, die umgekehrten Erscheinungen, wenn dieselbe radial verläuft. Der negative Charakter des Objectes bedingt für beide Lagen eine Vertauschung der Interferenzfarben. Man ersieht hieraus, dass in beiden Fällen weder die Richtung der optischen Achse, noch der positive oder negative Charakter aus dem Verhalten des Querschnittes zu erkennen sind, da ein Wechsel in jener sowohl als in diesem eine Vertauschung der Interferenzfarben bedingt.

Verhalten des Längsschnittes. — Erst das Verhalten des Längsschnittes gewährt im Zusammenhange mit jenem des Querschnittes die erforderlichen Anhaltspunkte zur Lösung der vorliegenden Frage. Ist derselbe so geführt, dass die beiden auf der Achse des Mikroskopes senkrecht stehenden Seitenflächen des prismatischen Objectes hinweggenommen sind und wird er unter + oder — 45° orientirt, so leuchten die beiden stehenden Seitenwände nur dann auf dem dunkelen Grunde des Gesichtsfeldes, wenn die optische Achse senkrecht oder radial gerichtet ist, indem bei tangentialer Richtung die durchgehenden Strahlen keine doppelte Brechung erleiden können. Es bleibt also die radiale Richtung allein übrig, wenn der Querschnitt sich vorher nicht analog einem einfach brechenden Körper verhalten hatte.

Schaltet man jetzt ein Gypsplättchen ein, und es treten parallel der Mittellinie desselben Additionsfarben auf, so ist das Object bei senkrechter Achsenrichtung, also wenn es sich auf dem Querschnitte gleich einem einfach brechenden Körper verhalten hatte, positiv, beim Erscheinen von Subtractionsfarben in derselben Richtung dagegen negativ. Bei radialer Stellung der Achse hat man bei dem Auftreten von Additionsfarben unter + 45° auf negativen, beim Erscheinen von Subtractionsfarben auf positiven Charakter zu schliessen. Ist endlich die optische Achse tangential gerichtet, so wird der rothe Grund durch die beiden stehenden Seitenwände gar nicht geändert. Für das vierseitige Prisma zeigt sonach bei radialer Richtung der Achse der gleiche Charakter der Interferenzfarben in den gleichnamigen Quadranten für Quer- und Längsschnitt den wahrhaft positiven oder negativen Charakter an.

Etwas complicirter wird das Verhalten des Längsschnittes, wenn derselbe, was bei Macerationspräparaten immer der Fall ist, neben den senk-

recht stehenden auch noch eine oder die beiden horizontalen Seitenwände enthält, und wenn diese eine genügende Dicke oder bei geringer Dicke den genügenden Grad von Doppelbrechung besitzen, um zur optischen Wirkung zu gelangen. Es wird jedoch durch diese Complication, namentlich bei Anwendung eines verzögernden Plättchens, die Bestimmung der Achsenrichtung und des Charakters nicht behindert.

Nehmen wir zuerst an, die optische Achse sei senkrecht gerichtet, so müssten sowohl die aufrecht stehenden wie die horizontalen Seitenflächen, je nachdem das Object positiv oder negativ wäre, mit Additions- oder Subtractionsfarben bedeckt sein und es würde das Steigen oder Sinken derselben in den beiden gleichnamigen Flächen nur von der Länge des Weges abhängen, welche die Lichtstrahlen in den ersteren oder letzteren zu durchlaufen hätten. Ginge zweitens die optische Achse radial dahin, so würden bei positivem oder negativem Charakter die stehenden Seitenflächen Subtractions- oder Additionsfarben zeigen, während die horizontalen den rothen Gypsgrund unverändert liessen. Wäre endlich die optische Achse tangential gerichtet, so müssten die stehenden Seitenwände die Farbe des Gesichtsfeldes wiedergeben, während die Deckflächen bei positivem Charakter ein Sinken, bei negativem ein Steigen der Interferenzfarben bedingen würden.

Verhalten mehrseitiger Prismen. — Die übrigen hohlen prismatischen Formen lassen sich leicht auf die eben betrachtete zurückführen, wenn die Seitenflächen eine mässige Dicke haben, während sie bei starker Verdickung dieser letzteren Combinationen darbieten, welche sich in ihrem optischen Verhalten mehr oder weniger dem hohen oder soliden Cylinder nähern.

In dem Querschnitte leuchten bei radialer oder tangentialer Stellung der optischen Achsen alle diejenigen Seitenwände auf dunkelem Grunde, welche nicht mit einer oder der anderen der Polarisationsebenen parallel laufen, und zwar um so heller, je mehr sich ihre Richtung der von $+$ oder -45^0 nähert. Eben diese Wände zeigen denn auch bei Einschaltung eines Gypsplättchens in den diametral gegenüberstehenden Quadranten Additions- und Subtractionsfarben, welche von den weiter oben geschilderten Bedingungen abhängig sind.

Für den Längsschnitt tritt nur dann ein näher zu betrachtendes Verhalten ein, wenn schief geneigte Seitenflächen darin vorkommen.

Nehmen wir an, das Object sei positiv, die optische Achse stehe axial und das Prisma sei unter $+45^0$ oder -45^0 orientirt, so werden sämmtliche Seitenflächen im ersten Falle ein Steigen der Farben des Gypsplättchens bewirken, also sich in Addition befinden, im anderen Falle aber einen subtractiven Charakter zeigen. Die Interferenzfarben selbst müssen je nach der Lage der Grenzfläche in ihrem Tone verschieden ausfallen. Die horizontal liegenden Seitenflächen werden unter den obigen Voraussetzungen in Bezug auf die Ausmessungen den geringsten Gangunterschied, und somit, sowohl nach der Additions- als

Subtractionsseite hin, die geringste Farbenänderung veranlassen, während bei den geneigten Seitenwänden eine ähnliche Wirkung eintritt, wie bei einem, um einen horizontalen, in der Achsenebene gelegenen Durchmesser gedrehten Gypsplättchen. Wir werden in der letzteren ein höheres Steigen der Additionsfarben und ein tieferes Sinken der Subtractionsfarben wahrnehmen als bei den ersteren. Bei den aufrechtstehenden Seitenflächen ist die Farbenänderung von dem Breitendurchmesser derselben abhängig. Da dieser indessen den Dickendurchmesser in der Regel mehrfach übertrifft, so werden wir bei ihnen im Allgemeinen die höchsten Additionsfarben und die tiefsten Subtractionsfarben erhalten. Geht die Achse radial dahin, so werden die auf den Kanten stehenden Seitenwände unter + 45⁰ oder — 45⁰ die stärkste Subtraction oder Addition zeigen, welche in den geneigten Seitenflächen, die sich gleich einem um einen zur Mittellinie senkrechten Durchmesser gedrehten Gypsplättchen verhalten, im Verhältnisse ihrer Neigung abnimmt, um endlich in den horizontalen Flächen in die Farbe des Gesichtsfeldes überzugehen. Ist endlich die optische Achse tangential gerichtet, und das Object unter + 45⁰ oder — 45⁰ orientirt, so geben die auf den Kanten stehenden Seitenflächen die Farbe des Gesichtsfeldes wieder. In den geneigten Seitenflächen macht sich, da wir hier den gleichen Fall haben, als ob wir das Gypsplättchen um eine auf der Mittellinie senkrechte Linie aus der senkrechten Lage in die horizontale zurückdrehten, eine der Neigung entsprechende Subtraction oder Addition geltend, welche in den horizontalen Wandungen ihr Maximum erreicht.

Der negative Charakter bedingt in allen diesen Fällen eine Vertauschung der Additions- und Subtractionsfarben.

Prisma mit geneigter optischer Achse. — In den voranstehenden Untersuchungen wurde vorausgesetzt, dass die optische Achse mit einer der drei räumlichen Dimensionen zusammenfalle. Ist dieses nicht der Fall, sondern weicht die erstere in ihrer Richtung mehr oder weniger von den letzteren ab und nimmt eine schiefe Lage an, so ändern sich die Erscheinungen und erschweren die Entscheidung. Das prismatische Object erscheint jetzt weder auf dem Querschnitte noch auf dem Längsschnitte und in keiner Lage dunkel oder gibt den rothen Gypsgrund wieder, während es in der Orientirung von + oder — 45⁰ die lebhaftesten Farben zeigt.

Der einfachere Fall ist der, wo die optische Achse senkrecht auf der dem Radius des umschriebenen Cylinders entsprechenden Linie steht und die Längsachse unter irgend einem schiefen Winkel schneidet, also in einem Tangentialschnitte liegt.

Schaltet man das Prisma über einem Gypsplättchen ein, so äussert diese schiefe Stellung der Achse in Bezug auf die aufrecht stehenden Wände keine auffallende Wirkung, dagegen macht sich dieselbe in den geneigten oder horizontalen Wänden in um so grösserem Maasse geltend, als der Neigungswinkel wächst und die oberen und unteren, d. h. die dem Beobachter zu- und abgewendeten in dem Präparate erhalten sind.

Beträgt der Neigungswinkel 45°, so wirken die beiden horizontal liegenden Flächen wie zwei Plättchen, deren homologe Schwingungsebenen sich unter rechtem Winkel kreuzen, und geben den rothen Gypsgrund wieder, während die schief geneigten Seitenflächen sich je nach dem optischen Charakter des Objectes in geringer Addition oder Subtraction befinden. Sinkt der Neigungswinkel unter 45°, so werden sich die geneigten und horizontalen Seitenflächen in gleicher Weise verhalten, wie die stehenden Wände, nur dass die Farben dort je nach dem Charakter des Objectes einen tieferen oder höheren Ton zeigen. Steigt der Neigungswinkel endlich über 45°, so werden die stehenden und horizontalen Seitenwände das entgegengesetzte Verhalten beobachten lassen, d. h. es befinden sich die Interferenzfarben hier in Subtraction, dort in Addition und umgekehrt. Die geneigten Seitenwände können je nach der Grösse des Neigungswinkels der optischen Achse und ihrer Flächen entweder den rothen Gypsgrund wiedergeben, oder sich analog den stehenden oder horizontalen Seitenwänden verhalten.

Verläuft die radial gestellte Achse schiefwinklig, so können zwei Fälle vorkommen, je nachdem dieselbe die Längenausmessung schiefwinklig schneidet und in den radialen Längsschnitt fällt, oder auf jener senkrecht steht und in dem senkrechten Querschnitte liegt. Im ersteren Falle ist das Verhalten nicht wesentlich von dem früher geschilderten bei radialer Achsenrichtung verschieden, es ändert sich nur dahin, dass die horizontalen Deckflächen den Gypsgrund nicht wiedergeben, indem in denselben die Lichtstrahlen nirgends mit der Achse parallel sind. Im zweiten Falle verschwinden auf dem Querschnitte die Seitenwände nicht in dem Polarisationsmikroskope, sei es mit, sei es ohne Einschaltung eines Gypsplättchens, wenn dieselben mit den Polarisationsebenen gleich gerichtet sind, ebensowenig zeigen sie ihren höchsten Glanz unter + oder — 45°. Der Abweichungswinkel, unter welchem letzteres Verhalten eintritt, ist hier immer gleich demjenigen Winkel, welchen die optische Achse mit dem Radius des umschrieben gedachten Cylinders macht. Auf der Längsansicht erscheinen die stehenden Wände ebenso wie bei wirklich radialer Achsenrichtung, die horizontalen Wände aber nicht neutral. Dagegen können die geneigten Seitenwände neutral erscheinen, wenn dieselben gegen die Horizontalebene unter demselben Winkel geneigt sind, wie die optische Achse gegen den Radius des umschriebenen Cylinders.

Hat endlich die optische Achse eine solche Richtung, dass sie weder in dem Längs- noch in dem Radial- oder Tangentialschnitte liegt, so ist zwar das Verhalten des Querschnittes nahezu ähnlich dem soeben geschilderten, aber der Längsschnitt zeigt eine unbestimmbare Farbengebung.

Der Cylinder.

Die bei der Untersuchung organischer Objecte am häufigsten vorkommenden Formen lassen sich auf den hohlen oder soliden Cylinder zurückführen.

Bei Betrachtung dieses Körpers müssen wir von der Voraussetzung ausgehen, dass dessen Wände aus concentrisch optisch gleichwerthigen Schichten gebildet, d. h. die Spannungsverhältnisse und die ganze physikalische Constitution derart seien, dass sie in jedem Punkte aller von dem Centrum ausstrahlender Radien in gleicher Weise zum Ausdrucke kommen.

Wie bei der vorhergehenden, haben wir auch bei dieser Form den Quer- und Längsschnitt, d. h. den senkrecht stehenden und liegenden Cylinder zu betrachten.

Senkrecht stehender Cylinder. — Geht die optische Achse axial oder senkrecht dahin, so wird der Querschnitt des hohlen wie des soliden Cylinders sich nur dann gleich einem einfach brechenden Körper verhalten, wenn derselbe eine sehr geringe Ausdehnung besitzt. Ist diese dagegen eine bedeutendere, so tritt, da in dem Mikroskope zum grossen Theile schief durch das Object gehende Strahlen zur Geltung kommen, in demselben, wie in einer senkrecht zur Achse geschnittenen einachsigen Platte, bei weissem Lichte das unter 0° und 90° verlaufende schwarze Kreuz auf. Die zwischenliegenden Quadranten sind von den gleichen Interferenzfarben (bei dünnen Schnitten grauweiss, weiss, gelblichweiss) erhellt, welche in den unter + oder — 45° dahingehenden Richtungen ihre grösste Intensität zeigen.

Das dunkele Kreuz und die mit Interferenzfarben erhellten Quadranten treten unter allen Verhältnissen bei der radialen oder tangentialen Richtung der optischen Achsen auf, indem dabei immer die beiden aufeinander senkrechten Schwingungsebenen des Objectes mit den Polarisationsebenen der beiden Nicols parallel gerichtet sind.

Beobachtet man den senkrecht stehenden, quergeschnittenen Cylinder unter Einschaltung des Gypsplättchens, so hat man in demselben, wie bei dem Prisma, die gleichen Interferenzfarben nebeneinander, welche nacheinander auftreten, wenn man ein parallel zur Achsenebene geschnittenes Plättchen um einen senkrechten Durchmesser dreht.

An Stelle des schwarzen Kreuzes tritt jetzt ein solches auf, welches die rothe Farbe des Gesichtsfeldes wiedergibt. Von den zwischen den zwei neutralen Durchmessern liegenden Quadranten zeigen die beiden unter + 45°, ebenso die unter — 45° orientirten, die gleichen, also Additions- oder Subtractionsfarben, welche einerseits von der Richtung der optischen Achsen, andererseits von dem positiven oder negativen Charakter des betreffenden Objectes abhängig sind.

Nehmen wir an, die optische Achse verlaufe radial und der Körper sei positiv, so treffen in dem Durchmesser + 45° die gleichnamigen Schwingungsebenen des Gypsplättchens und des Cylinderquerschnittes zusammen und es treten in den entsprechenden Quadranten Additionsfarben auf. Unter dem Durchmesser von — 45° dagegen fallen die ungleichnamigen Schwingungsebenen aufeinander und es müssen in den beiden diesem Durchmesser entsprechenden, mit den ersteren abwechselnden Quadranten Subtractionsfarben erscheinen.

Der negative Charakter bedingt eine Vertauschung der Interferenzfarben, d. h. es erscheinen die Subtractionsfarben unter + 45°, die Additionsfarben unter — 45°. Dieselbe Vertauschung muss, wie leicht einzusehen, bei positivem Charakter die auf der radialen senkrechte, tangentiale Richtung der optischen Achse hervorbringen. Es folgt hieraus, dass radiale Richtung der optischen Achse und positiver Charakter die gleichen Interferenzfarben in denselben Quadranten bedingen, wie tangentiale Richtung der Achse und negativer Charakter und umgekehrt. Der Querschnitt des doppelt brechenden Cylinders ist also für sich allein keineswegs hinreichend, um mit Sicherheit über die Richtung der optischen Achse oder über den Charakter eines Objectes zu entscheiden, solange nicht eines dieser Verhältnisse bekannt ist.

Ebensowenig, wie die Einschaltung eines Gypsplättchens, vermag die Ueberführung des linear polarisirten Lichtes in kreisförmig polarisirtes mittelst eines $^1/_4$ Glimmerplättchens ein entscheidendes Moment abzugeben. Das schwarze Kreuz wird dadurch in zwei zu einer der beiden ausgezeichneten Ebenen des verzögernden Plättchens senkrechte Büschel übergeführt, die sich von der Mitte des Querschnittes aus nach dessen Umfang verbreitern. Geht die optische Achse radial dahin, so fallen bei der positiven Beschaffenheit des Objectes unter + 45° die ungleichnamigen, unter — 45° die gleichnamigen Schwingungsebenen des Glimmerplättchens und des Cylinderquerschnittes zusammen, und wir erhalten die dunkelen Büschel in dem + 45° entsprechenden Quadranten. Bei negativem Charakter treffen die gleichnamigen Schwingungsebenen unter + 45°, die ungleichnamigen unter — 45° aufeinander, und wir haben die Büschel in den der letzten Richtung entsprechenden Quadranten. Eine vollständige Umkehrung dieser Resultate muss eintreten, wenn die optische Achse in tangentialer Richtung verläuft.

Liegender Cylinder. — Für die Beobachtung des Längsschnittes oder des liegenden Cylinders gestalten sich die Verhältnisse weit complicirter, als bei dem Prisma, indem die optisch wirksamen Elemente in jedem Radius desselben eine andere Neigung gegen die Achse des Polarisationsmikroskopes, wie gegen die Achsenebene des verzögernden Plättchens erlangen.

Da übrigens die Erscheinungen, welche bei feinen Längsschnitten auftreten, sich entweder auf jene bei dem Prisma beobachteten, oder auf die an dem liegenden Cylinder zu Tage tretenden mit Leichtigkeit zurückführen lassen, so mag es genügen, nur letzterem eine eingehendere Betrachtung zu widmen.

Ist die Wanddicke des Hohlcylinders nur unbedeutend, so erscheint derselbe während der Drehung um eine senkrechte Achse unter den Durchmessern + und — 45° mit von grauweiss bis zu gelblichweiss wechselnden Farben leuchtend auf dem dunkelen Grunde, während er unter den Durchmessern 0° und 90° auf dem letztern verschwindet. Bei axialem Verlaufe der optischen Achse, zeigt der ganze Cylinder diese

Interferenzfarben, während bei radialem auf der Mitte desselben ein dunkeler Streifen erscheint, bei tangentialer Richtung deren zwei an den Rändern auftreten.

Wird die Wanddicke beträchtlicher, oder geht der Hohlcylinder in den Vollcylinder über, so treten höhere Interferenzfarben von der ersten bis zu den höheren Ordnungen auf, welche an bestimmten Stellen des Umfanges je nach der Dicke der sich summirenden Wandschichten, sowie nach der Lage der optischen Achsen wechseln, im Uebrigen aber der Längsachse des Cylinders parallel verlaufende Streifen bilden.

Ist die optische Achse parallel mit der Cylinderachse, also senkrecht gerichtet, so können wir uns den Cylinder als aus einer unendlich grossen Anzahl parallel zur Achse geschnittener nahezu parallelflächiger oder doch nur schwach keilförmiger Plättchen zusammengesetzt vorstellen, von denen jedes eine andere Neigung gegen die Achse des Polarisationsmikroskopes besitzt, und von denen — namentlich in der Nähe der Ränder — Schichten mit den homologen Schwingungsebenen zusammentreffender, übereinander gelegter Plättchen repräsentirt werden. Wir haben also einerseits ähnliche Erscheinungen, wie wenn man ein Gypsplättchen um eine horizontale Achse dreht, andererseits jene Wirkungen, welche die Verbindung mehrerer dünner verzögernder Plättchen zu einem, einer einzigen dickeren Platte gleichkommenden Plattensatze hervorbringen, und beide combiniren sich für die einzelnen Stellen des Cylinderumfanges bis zur Mitte hin in bestimmten, durch die, jener Drehung entsprechenden Richtungen der Radien des Querschnittes bedingten Verhältnissen. Die Interferenzfarben beginnen sowohl bei der Orientirung unter + 45°, als unter — 45° am Rande, und steigen über eine kurze Strecke des Breitendurchmessers rasch in der Newton'schen Scale, so dass die der Cylinderachse parallel verlaufenden Streifen nur schmal bleiben. Von da an, bis etwa zu $^1/_4$ der Breite geht das Steigen allmälig etwas langsamer, so dass die Interferenzstreifen breiter werden, vermindert sich bis zur Mitte für den Vollcylinder noch mehr, und es erscheint der grösste Theil der Mitte des Cylinders nur von einer einzigen und zwar der höchsten Interferenzfarbe bedeckt. Für den Hohlcylinder mit mässig stark bis stark verdickten Wandungen dagegen tritt von da an, wo der Hohlraum zur Ansicht kommt, ein rasches, meist unregelmässiges Sinken der Interferenzfarben ein, so dass die Farbe der Mitte, wo nur die dem Beobachter zu- und abgewendeten Wandstücke zur Geltung kommen, gegen die höchste des Randbezirkes um einige bis mehrere Töne zurücksteht.

Nach Einschaltung eines Gypsplättchens steigen bei positivem Charakter und Orientirung des liegenden Cylinders unter + 45° die in Addition befindlichen Interferenzfarben vom Rande aus gegen die Mitte, während dieselben bei der Orientirung unter — 45° in derselben Richtung in Subtraction bis dahin sinken, wo sich die beiden gleichen Farben des Gypsgrundes und des (ohne Gypsplättchen beobachteten) Ob-

jectes löschen, und dann, immer noch in Subtraction befindlich, wieder steigen, so dass — abgesehen von den für den Hohlcylinder leicht zu bemessenden Abweichungen — die Mitte die höchste Farbe zeigt. Der negative Charakter bedingt auch hier, wie bei dem Querschnitte, eine Vertauschung der Interferenzfarben, so dass unter + 45° Subtractionsfarben, unter — 45° Additionsfarben auftreten.

Verläuft die optische Achse radial, so erhalten wir in Folge der Zerlegung des Cylinders in eine unendliche Anzahl von dünnen keilförmigen Plättchen zwei bis zu einem gewissen Grade einander entgegengesetzte Wirkungsweisen dieser. Einmal tritt nämlich dieselbe Erscheinung zu Tage, als ob wir das Gypsplättchen um einen zu seiner Mittellinie senkrechten Durchmesser gedreht hätten, dann aber erscheint auch die Wirkung der einfachen Verdoppelung. In Folge der ersteren würden die Interferenzfarben ein Sinken vom Rande aus gegen die Mitte zeigen, wo der Cylinder wegen der zur Wirkung gelangenden optischen Achse einen neutralen d. h. dunkelen Streifen haben muss. In Folge der Verdoppelung dagegen müssten die Interferenzfarben vom Rande aus soweit steigen, als diese in Betracht käme. Die Betrachtung des Cylinderquerschnittes zeigt nun, dass in den Randbezirken die Wirkung der Verdoppelung über die der Drehung überwiegt, gegen die Mittelbezirke hin die letztere aber vorzugsweise zur Geltung kommen muss. Der unter + 45° oder — 45° orientirte Cylinder ist daher mit Ausnahme des mittleren dunklen Streifens mit Farbenstreifen bedeckt, welche folgende Anordnung erkennen lassen. Vom Rande aus steigen die Farben schnell bis zu einem gewissen Bezirke hin, und gehen dann für den Vollcylinder in minder rascher, für den Hohlcylinder mit mässig dicken Wänden in rascherer Folge bis zu dem neutralen Streifen zurück.

Auf einem Gypsplättchen steigen bei positivem Charakter und in der Lage — 45° die Farben in Addition vom Rande aus rasch, und gehen dann bis zur Mitte zurück, wo ein die Farbe des Gesichtsfeldes wiedergebender Streifen erscheint. Bei der Orientirung im Durchmesser von + 45° dagegen findet in Subtraction zuerst ein Sinken, dann ein rasches Steigen, hierauf nochmals ein Sinken und endlich ein Steigen der Farben bis zur Mitte statt. Der negative Charakter bedingt eine Vertauschung der Interferenzfarben.

Der tangentiale Verlauf der optischen Achse verlangt, um die an dem liegenden Cylinder zu beobachtenden Farbenerscheinungen zu bestimmen, eine etwas andere Betrachtungsweise, als in den beiden vorhergehenden Fällen. Wir müssen uns denselben als aus unendlich vielen annähernd parallelflächigen, von der Mantelfläche nach der Achse hin keilförmigen Plattensätzen zusammengesetzt denken, deren jeder aus parallel geschichteten, parallel zur Achse geschnittenen Plättchen besteht, und in denen diese letzteren gegen die Achse des Polarisationsmikroskopes unter demselben Winkel geneigt sind, wie der entsprechende Radius gegen die Horizontale. In dem senkrechten Durchmesser des Querschnit-

tes haben die Plättchen eine horizontale, in dem horizontalen eine senkrechte Lage, und es findet somit in jedem Quadranten eine Folge der Neigung derselben gegen die Achse des Mikroskopes statt, als ob man ein Gypsplättchen um einen senkrecht auf der Mittellinie stehenden Durchmesser aus der horizontalen Lage in die senkrechte gedreht hätte. Der Cylinder zeigt, wie leicht einzusehen, dieselben Farbenerscheinungen, wie derjenige mit senkrecht gerichteter optischer Achse. Derselbe ist mit farbigen Interferenzstreifen bedeckt, an beiden Rändern aber, da hier die senkrecht stehende optische Achse zur Wirkung kommt, dunkel. Von dem dunkelen Rande aus, der durch die niedrigsten Töne der Farben erster Ordnung, die nur schwer unterscheidbar sind, noch etwas verbreitert wird, steigen die in Addition befindlichen Farben nach der Mitte, wenn der Cylinder unter + 45° orientirt ist. Ebenso ist das Verhalten bei einer Orientirung unter — 45° und bei Einschaltung des Gypsplättchens das gleiche wie das früher beschriebene, nur dass im letzten Falle die Ränder die Farbe des Gesichtsfeldes wiedergeben. Auf dem Gypsplättchen befinden sich die Interferenzfarben unter + 45° in Subtraction, unter — 45° in Addition, und der negative Charakter macht sich durch die Vertauschung der Additions- und Subtractionsfarben bei + und — 45° geltend.

Cylinder mit geneigter optischer Achse. — Ist die optische Achse nicht senkrecht gestellt, so kommen bei dem Cylinder dieselben Fälle in Betracht, wie bei dem Prisma. Steht die im Tangentialschnitt liegende optische Achse senkrecht auf dem Radius und schneidet die Längsachse unter einem halben rechten Winkel, so erscheint bei der Orientirung unter 45° auf dem Hohl- und Vollcylinder eine neutrale Linie, indem in dieser sich die homologen Schwingungsebenen der unteren und oberen Hälfte des Cylinders unter rechtem Winkel kreuzen. Die Interferenzfarben am Rande, wie nach der Mitte hin, werden aber das gleiche Verhalten zeigen, d. h. je nach dem positiven oder negativen Charakter des Objectes sich in Addition oder Subtraction befinden, was auch für den Fall gilt, dass jener Winkel weniger als 45° beträgt. Steigt der Neigungswinkel über 45° hinaus, so tritt zwischen Randtheilen und Mitte ein ungleiches Verhalten ein. Befinden sich dort die Interferenzfarben in Addition, so erscheinen sie hier in Subtraction und umgekehrt, je nachdem das Object von verschiedenem Charakter ist. Kommt an Stelle des Vollcylinders oder des dickwandigen Cylinders ein solcher mit dünnen Wandungen, so treten in letzterem Falle in einer, dem Neigungswinkel entsprechenden Entfernung von der Mitte aus zwei neutrale Streifen auf, welche entweder das dunkele Gesichtsfeld oder den rothen Gypsgrund wiedergeben. Der Querschnitt verhält sich jetzt in keiner Lage und unter keinen Umständen gleich einem einfach brechenden Körper, sondern zeigt das bekannte neutrale Kreuz.

Fällt die optische Achse in den Diametralschnitt und ist zur Längsachse geneigt, so zeigt sich auf dem Querschnitt das Polarisa-

tionskreuz, wie bei senkrecht radialer Richtung der Achse. Auf dem Längsschnitt kommt aber die neutrale Mittellinie nicht zum Vorschein, und die Interferenzstreifen zeigen eine nicht genau bestimmte, der Newton'schen Scala entsprechende Folge.

Ist die optische Achse in dem senkrechten Querschnitte gelegen, so erscheint auf dem Querschnitte des Cylinders ein Polarisationskreuz, dessen Arme nicht mit den Projectionen der Polarisationsebenen zusammenfallen, sondern eine, je nach der Grösse des Neigungswinkels der Achse verschiedene Neigung gegen dieselben haben. Der liegende Cylinder ist ganz mit Interferenzstreifen bedeckt, welche zu beiden Seiten der Mitte symmetrisch geordnet sind, da je zwei diagonal einander gegenüberliegende Quadranten die gleiche Wirkung hervorbringen. Die Folge der Farben ist indessen nicht gleich der des Cylinders mit senkrechter radialer Achse, d. h. sie fällt nicht mit jener der Newton'schen Ringe zusammen.

Liegt endlich die optische Achse in keiner der drei Schnittebenen, so beobachtet man auf dem Querschnitt ein gegen die Polarisationsebenen schief gestelltes Kreuz und der Längsschnitt oder der liegende Cylinder erscheint mit unregelmässig angeordneten in ihrer Folge nicht bestimmten Farbenstreifen bedeckt.

Die Kugel.

In der Kugel können wir uns die senkrechte und radiale Richtung der optischen Achse in der letzteren zusammenfallend denken, so dass in dieser Beziehung nur zwischen radial und tangential zu unterscheiden wäre. Da aber diese Richtung bei den nach allen möglichen Dimensionen des Raumes ausstrahlenden Radien eine stets wechselnde ist, so bietet die Vorausbestimmung der statthabenden Erscheinungen ausserordentliche Schwierigkeiten dar, so dass wir uns auf die Betrachtung der Kugel mit radialem Verlaufe der optischen Achse beschränken müssen.

Bei der Bestimmung der optischen Verhältnisse dieser Kugel wollen wir in Bezug auf die Beschaffenheit der Materie u. s. w. von derselben Voraussetzung ausgehen, wie bei dem Cylinder, und können uns dieselben aus einer unendlichen Anzahl von Diametralschnitten zusammengesetzt denken, von denen jeder einem liegenden Cylinder entspricht und unter einem anderen Winkel orientirt ist, so dass wir bei diesem Körper die Erscheinungen zugleich überblicken, welche bei der Drehung des letzteren in verschiedenen Zeitfolgen auftreten.

Beobachten wir die Kugel auf dem dunkelen Gesichtsfelde, so erhalten wir in dem zugekehrten Pole, da in demselben die optische Achse zur Wirkung kommt und in dessen nächster Umgebung nur die niedrigsten Töne der Farbenringe auftreten, Dunkelheit, und von da aus ein in den Richtungen unter 0° und 90° dahingehendes dunkeles Kreuz. Die zwischen dessen Armen liegenden Quadranten sind von Interferenzfarben erhellt, die nach den Durchmessern unter + 45° und — 45° hin

an Intensität zunehmen und in diesen ihren höchsten Glanz erlangen. Die Farben selbst haben dieselbe Folge, wie in dem liegenden Cylinder mit radial gestellter Achse, d. h. es steigen dieselben von dem Rande aus bis zu einer gewissen Zone der zugekehrten Oberfläche, und gehen dann langsam zurück bis zu dem indifferenten Mittelpunkte.

Nach der Einschaltung des Gypsplättchens geben die neutrale Mitte und das Kreuz die Farbe desselben wieder. Der positive Charakter bedingt in den beiden dem Durchmesser + 45° entsprechenden Quadranten das Auftreten von Additionsfarben, in den anderen beiden dem Durchmesser von — 45° zugehörigen das Erscheinen von Subtractionsfarben. Der negative Charakter ruft eine Vertauschung dieser Farben hervor.

Zweiachsige Objecte.

Bei den zweiachsigen Körpern haben wir es in Bezug auf die Lage der optischen Achsen nicht mehr mit so einfachen Verhältnissen zu thun, wie bei den einachsigen. Wir können hier überhaupt nicht die Richtung der Achsen selbst genau bestimmen, sondern nur untersuchen, in welcher von den drei auf einander senkrechten, durch je zwei der räumlichen Dimensionen bestimmten Ebenen dieselben liegen, wodurch, da immer die Achsen der grössten und kleinsten Elasticität in dieser Ebene enthalten sind, die Richtung der drei Elasticitätsachsen bestimmt ist.

Beziehen wir diese Ebenen auf den Cylinder, so erscheint die eine als Diametral-, die andere als Tangential-, die dritte als Querschnitt. Für die geradflächig begrenzten Körper, d. h. für das Prisma, fällt der erstere mit einer auf den Wandflächen oder Schichten senkrechten, in der Längenausmessung liegenden, der zweite mit einer in derselben Ausmessung dahingehenden mit der Wandfläche oder den Schichten parallelen, der dritte mit einer auf der Längendimension und auf den Wandflächen oder den Schichten senkrechten Ebene zusammen.

Auch hier kommen für das Prisma wie den Cylinder die aufrechte und liegende Stellung (Quer- und Längsschnitt) in Betracht.

Das Prisma.

Prisma mit den räumlichen Dimensionen entsprechenden Elasticitätsachsen. — Der Querschnitt des Prismas verhält sich jetzt nie gleich einem einfach brechenden Körper, da unter keinen Umständen eine der optischen Achsen zur Geltung gelangt. Diejenigen Wände, welche unter 0° und 90° orientirt sind, geben das dunkele Gesichtsfeld wieder, während alle unter anderen Durchmessern dahingehenden Interferenzfarben zeigen, welche unter + oder — 45° ihre höchste Helligkeit erreichen.

Auf einem Gypsplättchen liegend geben die mit den Schwingungsebenen der beiden Nicols parallel gerichteten Wände den rothen Grund wieder, während die in anderen Richtungen dahingehenden Interferenzfarben zeigen, welche in je zwei + 45° und — 45° entsprechenden

Quadranten des Gesichtsfeldes den gleichen additionalen oder subtractiven Charakter besitzen. Ob die gleichnamigen Farben in den einen oder anderen beiden sich diametral gegenüberstehenden Quadranten auftreten, hängt einestheils von der Richtung der Achsenebenen, anderentheils von dem positiven oder negativen Charakter des Objectes ab. Zur Lösung der uns vorliegenden Frage haben wir also hier vom Querschnitte ebensowenig Aufklärung zu erwarten, wie bei den einachsigen Körpern. Wir müssen demnach unsere Anhaltpunkte aus dem combinirten Verhalten von Querschnitt und liegendem Prisma entnehmen.

Dünne Längsschnitte, auf denen blos die senkrechten Seitenwände erscheinen, lassen für sich auch noch keine Entscheidung zu, indem jene unter + und — 45⁰ dahingehenden unter allen Umständen in den niedrigeren Tönen der ersten Ordnung (Grau bis Gelbweiss) auf dem dunkelen Grunde leuchten. Erst die Einschaltung des Gypsplättchens kann die nöthigen Daten liefern. Nehmen wir an, es sei die Achsenebene in einem Diametralschnitt gelegen, es gehe also die Mittellinie parallel der Längsachse, die mittlere Elasticitätsachse in tangentialer Richtung dahin, und es sei das Object von positivem Charakter, so zeigen die stehenden Längswände des Längs- und Querschnittes Additionsfarben, wenn sie unter + 45⁰, Subtractionsfarben, wenn sie unter — 45⁰ orientirt sind; der negative Charakter ruft eine Vertauschung der Interferenzfarben hervor. Liegt die Achsenebene in dem Tangentialschnitt, und es verläuft die Mittellinie in der Richtung der Tangente, die Achse der mittleren Elasticität radial, so befinden sich die Wände des Längschnittes, sobald sie unter + 45⁰ orientirt sind und das Object positiv ist, in Subtraction, wenn sie unter — 45⁰ dahingehen, in Addition. Im Querschnitt findet das Umgekehrte statt, und der negative Charakter bedingt für Längs- und Querschnitt eine Vertauschung der Interferenzfarben. Fällt die Achsenebene mit dem Querschnitt zusammen, und es verläuft die Mittellinie radial, die Achse der mittleren Elasticität parallel der Längsachse, so haben wir bei positivem Charakter im Quer- und Längsschnitt unter — 45⁰ Additionsfarben, unter + 45⁰ Subtractionsfarben, während der negative Charakter eine Vertauschung der Interferenzfarben veranlasst. Kommen zu den senkrecht stehenden Seitenwänden noch die horizontalen oder Deckflächen hinzu, so entstehen ähnliche Erscheinungen, wie sie bei den einachsigen Körpern geschildert wurden.

Bei axialer Richtung der Mittellinie zeigen die stehenden sowohl wie die horizontalen und die geneigten Seitenwände unter + 45⁰ Additionsfarben, unter — 45⁰ Subtractionsfarben für den positiven und eine Umkehrung derselben für den negativen Charakter. Die höchsten oder tiefsten Töne der einen und anderen Farben werden sich auch hier wie früher wegen der geringen Dicke der Wandungen in den stehenden Wänden finden. Ebenso wird sich der Längsschnitt für die tangentiale Stellung der Mittellinie verhalten, d. h. es werden die geneigten und horizontalen Seitenwände den gleichen Farbencharakter beobachten lassen, wie die ste-

henden. Ist die Mittellinie radial gerichtet, so haben die horizontalen Seitenflächen den entgegengesetzten Farbencharakter wie die stehenden, während diese sich in Subtraction befinden, beobachtet man auf jenen Additionsfarben und umgekehrt. Die geneigten Seitenflächen können sich entweder mehr den ersteren oder den letzteren nähern, aber auch unter Umständen, d. h. dann, wenn ihre Neigung eine solche ist, dass eine der optischen Achsen senkrecht zu stehen kommt, neutral verhalten und die Farbe des Gesichtsfeldes wiedergeben. Wir haben nämlich dieselben Erscheinungen, wie wenn wir ein senkrecht zur Mittellinie geschnittenes, verzögerndes Plättchen vom Rande nach der Mitte hin aus der senkrechten in die horizontale Lage zurückgedreht hätten.

Prisma mit geneigten Elasticitätsachsen. — Bei geneigter Stellung der Elasticitätsachsen, von denen entweder je eine mit einer der drei Ausmessungen des Prismas oder mit dem Radius, der Tangente oder der Längsachse des umschriebenen Cylinders zusammenfallen, oder welche sämmtlich mit diesen schiefe Winkel bilden können, treten für die zweiachsigen Objecte eine grössere Reihe von Complicationen auf, wie bei den einachsigen. Für den ersten Fall, wo zwei in dem Tangentialschnitte liegende Elasticitätsachsen schief verlaufen, die dritte mit dem Radius oder der auf den Seitenwänden senkrechten Richtung zusammenfällt, gibt es drei Unterfälle, je nachdem die eine oder die andere der ersteren diese Lage annimmt. Stehen die Achsen grösster und kleinster Elasticität auf dem Radius, mit welchem die Achse der mittleren Elasticität zusammenfällt, senkrecht und schneiden die Längenausmessung unter einem schiefen Winkel, so tritt dasselbe Verhalten ein, wie in dem oben bei den einachsigen Körpern geschilderten Falle, wo die optische Achse mit der Längenausmessung einen schiefen Winkel bildete. Fällt die grössere Elasticitätsachse mit dem Radius zusammen und es schneiden die beiden anderen die Längenausmessung schiefwinklig, so haben wir für die stehenden, geneigten und horizontalen Wände des Prismas den gleichen additionalen oder subtractionalen Charakter der Interferenzfarben, wenn der Winkel, welchen die kleinste Elasticitätsachse mit der Längsachse bildet, kleiner als 45^0 ist. Wird dieser Winkel gleich 45^0, so erscheinen die stehenden und geneigten Flächen in gleichem Charakter, die horizontalen neutral. Erreicht derselbe eine Grösse über 45^0, so haben die stehenden und horizontalen Wände den entgegengesetzten Farbencharakter, während die geneigten, je nach ihrer Neigung, entweder den ersteren oder letzteren sich nähern oder neutral erscheinen können. Geht endlich die kleinste Elasticitätsachse in dem Radius dahin und wird die Längsachse des Prismas von den Achsen der grössten und mittleren Elasticität unter schiefen Winkeln geschnitten, so haben wir ein ähnliches Verhalten wie bei den optisch einachsigen Körpern, wenn die optische Achse die Längsachse schiefwinklig schneidet.

Fällt im anderen Falle eine der drei Elasticitätsachsen mit der Tangente zusammen und es schneiden die beiden anderen, welche in einem Radialschnitte liegen, die Längsachse des Prismas sowie den Radius unter schiefen Winkeln, so können ebenfalls drei Unterfälle auftreten, je nachdem eine der drei Elasticitätsachsen die erstere Lage einnimmt. Alle drei stimmen darin überein, dass weder die Farbenfolge noch deren Vertheilung über die Seitenflächen bestimmt sind. Auf dem Querschnitte erscheinen bald die unter + 45°, bald die unter — 45° dahingehenden aufrecht stehenden Wände in Additions- oder Subtractionsfarben, je nachdem die Achsen grösserer oder kleinerer Elasticität mit der Tangente des umschriebenen Cylinders zusammenfallen.

Aehnlich gestalten sich die Unterfälle für den dritten Fall, wo die eine der drei Elasticitätsachsen mit der Längenausmessung zusammenfällt, und die beiden anderen, in dem Querschnitte liegenden mit Radius und Tangente des umschriebenen Cylinders schiefe Winkel bilden. Sie stimmen in der Anordnung der Farben in den verschieden gestellten Seitenflächen überein, wenn das Prisma unter + 45° oder — 45° orientirt ist. Da jedoch hier je zwei einander diagonal gegenüberliegende, schief geneigte Seitenflächen und ebenso die beiden horizontalen Flächen gleiche Wirkung äussern müssen, so ist die Vertheilung der Farben in den Seitenflächen eine nach beiden Seiten hin symmetrische. Unter 0° oder 90° orientirt muss sich das Prisma ebenso verhalten, wie ein solches mit senkrecht gerichteten Achsen, indem die Schwingungsebenen mit den Polarisationsebenen zusammenfallen. Auf dem Querschnitte macht sich die in Frage kommende Stellung der Achsen dadurch geltend, dass die Seitenwände ihren höchsten Glanz nicht mehr in der + oder — 45° entsprechenden, sondern in einer unter anderen Winkeln dahingehenden Lage zeigen. Ob die in der einen oder der anderen auf ihr senkrechten Richtung stehenden Wände Additions- oder Subtractionsfarben beobachten lassen, hängt davon ab, ob die grössere der beiden in dem Querschnitte liegenden Elasticitätsachsen den Radius oder die Tangente unter dem kleineren Winkel schneidet.

Haben die Elasticitätsachsen eine solche Lage, dass keine derselben mit einer der drei Richtungslinien des um das Prisma beschriebenen Cylinders zusammenfällt, so ist weder die Farbenfolge noch deren Charakter für die Längswände bestimmt, während der Querschnitt ein ähnliches Verhalten zeigt wie in dem zuletzt beschriebenen Falle.

Der Cylinder.

Cylinder mit den drei Richtungslinien entsprechenden Elasticitätsachsen. — In dem Querschnitte haben wir für den zweiachsigen Cylinder dasselbe Verhalten wie bei dem einachsigen. Es erscheinen das mit seinen Armen in den Durchmessern unter 0° und 90° dahingehende neutrale Kreuz und die dem Durchmesser von + 45° und — 45° entspre-

chenden mit Interferenzfarben erhellten Quadranten. Nach der Einschaltung des Gypsplättchens gibt das neutrale Kreuz den rothen Grund wieder, während je zwei diagonal gegenüberstehende Quadranten Additions- oder Subtractionsfarben beobachten lassen, welche einestheils von den zur Wirkung kommenden Elasticitätsachsen, anderntheils von dem positiven oder negativen Charakter des Objectes abhängig sind.

Für den liegenden Cylinder ändern sich die Farbenerscheinungen, wenn auch nicht ihrem Wesen, so doch ihrer leichter und genauer zu bestimmenden Folge nach, je nach der Dicke der Wandung.

Ist die Wanddicke nur unbedeutend, so erscheint der Cylinder unter + oder — 45° orientirt, von den niedrigsten Tönen der Interferenzfarben erster Ordnung erhellt, wenn die Achsenebene entweder in einem Diametral-, oder in einem Tangentenschnitte liegt. Fällt die letztere in den Querschnitt, so kommen zwischen den beiden Rändern und der Mittellinie des Cylinders zwei neutrale Streifen zum Vorschein, welche je nach dem Achsenwinkel eine verschieden weite Entfernung von den ersteren haben können. Das Auftreten dieser Streifen wird erklärlich, wenn man im Auge behält, dass wir die Folge jener Farbenerscheinungen haben, welche auftreten, wenn man ein senkrecht zur Achsenebene geschnittenes zweiachsiges Krystallplättchen aus der senkrechten Stellung in die horizontale zurückdreht. Die erscheinenden Interferenzfarben sind hier indessen unter allen Umständen so wenig verschieden, dass sie sich kaum voneinander unterscheiden lassen. Sie wechseln in der Regel zwischen Grauweiss, Weiss, Gelblichweiss, und bei Einschaltung eines Gypsplättchens ändern sie in der Additionslage dessen Farbe höchstens bis zu Blau, in der Subtractionslage bis zu Orange oder Gelb um, so dass ein bestimmter Entscheid über die Lage der Achsenebene im Tangentialoder Radialschnitte schwer zu fassen ist, während deren Lage in dem Querschnitte durch die beiden den rothen Grund wiedergebenden Streifen angezeigt wird. Werden die Wände des Hohlcylinders dicker, oder geht dieser in den Vollcylinder über, so treten je nach der Lage der drei Elasticitätsachsen bestimmte, genau zu verfolgende Farbenerscheinungen auf, welche bei einer combinirten Beobachtung des Querschnittes und des liegenden Cylinders einen sicheren Schluss auf die Lage der Elasticitätsachsen zulassen.

Fällt die Achsenebene in den Radialschnitt und ist die Mittellinie parallel der Cylinderachse, so haben wir für den dickwandigen Hohl- und den Vollcylinder analoge Erscheinungen, wie bei dem einachsigen Cylinder mit senkrechter Stellung der optischen Achse, sowohl wenn wir den unter + oder — 45° orientirten liegenden Cylinder für sich, als wenn wir ihn bei der Einschaltung des Gypsplättchens beobachten.

Wird das Verhalten von Quer- und Längsschnitten auf dem Gypsplättchen im Zusammenhang betrachtet, so zeigt der erstere bei positivem Charakter unter + 45° Additionsfarben, unter — 45° Subtractionsfarben, der letztere in den beiden dem Durchmesser von + 45° entsprechenden

Quadranten Subtractionsfarben, in den beiden anderen Quadranten aber Additionsfarben, und der negative Charakter bedingt eine Vertauschung der Farben im Längs- und Querschnitt.

Geht bei derselben Lage der Achsenebene die Mittellinie radial dahin, so treten über die Oberfläche des Cylinders einestheils ähnliche Farbenerscheinungen auf, wie wenn man ein dünnes zweiachsiges, parallel zur Mittellinie geschliffenes Krystallplättchen um eine auf der Mittellinie senkrechte, in der Achsenebene gelegene horizontale Achse gedreht habe, anderentheils wirkt die Verdickung in der Weise wie bei dem einachsigen Cylinder mit radial gestellter Achse. Der liegende Cylinder zeigt daher, mag man ihn für sich allein oder nach der Einschaltung eines Gypsplättchens beobachten, eine analoge Farbengebung und Farbenvertheilung wie der letzterwähnte.

Im Querschnitte haben wir für den positiven Charakter dieselbe Farbenerscheinung in den Quadranten wie bei dem negativen im vorigen Falle und umgekehrt.

Liegt die Achsenebene in dem Tangentenschnitt mit tangential gerichteter Mittellinie und radial gestellter Achse der mittleren Elasticität, so zeigt der liegende Cylinder dieselbe Anordnung der Interferenzfarben wie der einachsige Cylinder mit tangential gerichteter optischer Achse, nur mit dem Unterschiede, dass, da nirgends eine der optischen Achsen zur Wirkung gelangt, die Interferenzfarben schon am Rande beginnen. Wir haben hier nämlich dieselbe optische Wirkung, als wenn wir ein senkrecht zur Mittellinie geschliffenes Plättchen um eine zu dieser senkrechten, in der Achsenebene gelegene horizontale Drehungsachse gedreht hätten, und es geht mit dieser in den Randpartieen ausserdem die parallele Verdoppelung Hand in Hand. Auf einem Gypsplättchen befinden sich die Interferenzfarben auf dem liegenden Cylinder in der Orientirung unter + 45° und bei positivem Charakter in Subtraction, unter — 45° in Addition. Der Querschnitt besitzt unter gleicher Voraussetzung in dem Durchmesser von + 45° zwei Subtractionsquadranten, unter jenem von — 45° zwei Additionsquadranten. Der negative Charakter bedingt die Vertauschung der Interferenzfarben sowohl im liegenden Cylinder, wie im Querschnitt.

Verläuft bei der eben beschriebenen Lage der Achsenebene die Mittellinie parallel der Cylinderachse, so erhalten wir in den Farbenerscheinungen den gleichen Fall, als ob wir ein parallel zur Mittellinie geschliffenes Plättchen um eine, der letzteren parallele Drehungsachse aus der senkrechten Stellung in die horizontale zurückgedreht hätten. Es müssten demnach die Farben vom Rande gegen die Mitte sinken. Zugleich tritt aber die Wirkung der parallelen Verdoppelung auf. Das Verhalten des liegenden Cylinders wird in Bezug auf die Anordnung der Interferenzstreifen ein gleiches, wie wir es im zweiten Falle für die im Diametralschnitt liegende Achsenebene geschildert haben.

Der Farbencharakter des auf einem Gypsplättchen liegenden Cylin-

ders für die Orientirungen + 45° und — 45°, ebenso die Vertheilung der Quadranten in dem Querschnitte sind für positiven und negativen Charakter des Objectes gegen die im vorigen Falle bei tangentialem Verlaufe der Mittellinie beobachteten vertauscht.

Ist die Achsenebene in dem Querschnitte enthalten, so zeigt der liegende Cylinder dieselben Farbenerscheinungen, wie wenn man ein senkrecht zur Achsenebene geschnittenes zweiachsiges Krystallplättchen um einen, auf der letzteren senkrechten horizontalen Durchmesser aus der senkrechten Stellung in die horizontale oder aus dieser in jene dreht, indem man sich den Cylinder, ähnlich wie den einachsigen Cylinder mit tangentialer Achse, in eine unendlich grosse Anzahl von in radialer Richtung geschichteter keilförmiger Plattensätze zerlegt denken kann, von denen jeder aus der senkrechten Lage in jene geneigte gedreht worden ist, welche dem Winkel entspricht, den der Radius mit dem horizontalen Durchmesser macht. Auf den beiden Hälften des Cylinders gibt es in den beiden übereinander liegenden Quadranten zwei Radien, wo bei gleicher Neigung der idealen Plattensätze je eine der beiden optischen Achsen senkrecht steht und mit den Polarisationsebenen parallel gerichtet ist, so dass die einfallenden Strahlen keine Polarisation erleiden. Innerhalb der Radien, welche der Neigung der beiden Plattensätze entsprechen, kommt vorzugsweise die Mittellinie, ausserhalb derselben die auf dieser senkrechte Elasticitätsachse zur optischen Geltung, und da die eine ein Voraneilen, die andere ein Zurückbleiben der polarisirten Lichtstrahlen bedingt, so heben sich in einer bestimmten, zum senkrechten Durchmesser parallelen Schnittebene und deren nächster Umgebung die einander entgegengesetzten Wirkungen auf. Wir erhalten sonach zu beiden Seiten der Mittellinie des Cylinders einen neutralen Streifen, dessen Entfernung von jener theils von dem Achsenwinkel, theils von der Lage der Mittellinie im Radius oder in der Tangente abhängig ist. Zwischen den beiden Rändern und den neutralen Streifen sinken die Interferenzfarben und steigen von letzteren aus bis zur Mitte, die je nach der Lage der Mittellinie eine höhere oder tiefere Farbe haben kann, als der am höchsten gefärbte Interferenzstreifen des Randes.

Auf einem Gypsplättchen zeigt der liegende Cylinder, bei positiver Beschaffenheit und unter + 45° orientirt, zwischen dem Cylinderrand und den neutralen, den rothen Grund wiedergebenden Streifen Additionsfarben, wenn die Mittellinie radial, Subtractionsfarben, wenn sie tangential gerichtet ist. Zwischen dem neutralen Streifen und der Mittellinie erscheinen im einen Falle Subtractions-, im anderen Additionsfarben. Die Orientirung unter — 45° sowie der negative Charakter bedingen in beiden Fällen eine Vertauschung des Farbencharakters. Auf dem Querschnitte befinden sich bei radialer Richtung der kleinsten Elasticitätsachse die dem Durchmesser von + 45° entsprechenden Quadranten in Addition, jene dem Durchmesser von — 45° entsprechenden in Subtraction. Ist dagegen die grösste Elasticitätsachse radial gestellt, so findet

eine Vertauschung der Quadranten statt, die früheren Additionsquadranten werden zu Subtractionsquadranten und umgekehrt.

Cylinder mit geneigten Elasticitätsachsen. — Bei geneigter Stellung je zweier oder aller drei Elasticitätsachsen haben wir dieselben Fälle zu berücksichtigen, wie für das Prisma.

Ist die mittlere Elasticitätsachse radial gestellt und die in dem Tangentenschnitt liegende kleinste und grösste schneiden die Längsachse des Cylinders unter schiefen Winkeln, so treten dieselben Farbenerscheinungen auf, die wir für den einachsigen Cylinder mit die Längsachse schneidender optischer Achse kennen gelernt haben.

Trifft die Achse der grössten Elasticität mit dem Radius zusammen und es schneiden die in dem Tangentenschnitt gelegenen Achsen der kleinsten und mittleren Elasticität die Cylinderachse unter schiefen Winkeln, so haben wir am Rande und auf der Mitte des Cylinders die gleichen Farbencharaktere, wenn der Winkel zwischen der kleinsten Elasticitäts- und Cylinderachse kleiner als 45° ist, es tritt dagegen zwischen Rand und Mitte ein Wechsel in dem Farbencharakter ein, wenn dieser Winkel die Grösse von 45° übersteigt.

Im Querschnitte haben wir für den positiven und negativen Charakter in den Quadranten + 45° Subtractionsfarben, in jenen — 45° Additionsfarben, da diese lediglich durch die grösste Elasticitätsachse bestimmt werden.

Verläuft die Achse der kleinsten Elasticität radial und es schneiden die beiden in dem Tangentialschnitte gelegenen Achsen der grössten und mittleren Elasticität die Cylinderachse unter schiefen Winkeln, so stimmt der Farbencharakter am Rande und auf der Mitte überein, wenn jener Winkel weniger als 45° beträgt und geht zu einem entgegengesetzten über, wenn derselbe grösser als 45° wird.

Auf dem Querschnitte, dessen Quadranten jetzt hauptsächlich durch die Achse der kleinsten Elasticität bestimmt werden, haben wir in den beiden unter + 45° Additionsfarben, in jenen unter — 45° Subtractionsfarben.

Werden die beiden, Cylinderachse und Radius unter schiefen Winkeln schneidenden Elasticitätsachsen von dem Radialschnitt aufgenommen und es verläuft die dritte Elasticitätsachse in der Tangente des Cylinders, so fallen auch hier die drei Unterfälle in ihrem Verhalten zusammen, d. h. die Interferenzfarben sind weder ihrer Reihenfolge nach bestimmt, noch zeigen sie eine gleichmässige Anordnung über die einander entsprechenden Stellen der zugekehrten Cylinderoberfläche. Der Querschnitt lässt unter allen Umständen ein neutrales, den rothen Grund wiedergebendes, den Projectionen der Polarisationsebenen entsprechendes Kreuz beobachten, und die zwischenliegenden Quadranten können sich in Addition oder Subtraction befinden, je nachdem die Achse grösserer oder kleinerer Elasticität mit der Tangente parallel gerichtet ist.

Verläuft die eine der Elasticitätsachsen parallel mit der Cylinderachse und die beiden anderen in den Querschnitt fallenden schneiden Radius und Tangente unter schiefen Winkeln, so sind die Interferenzfarben, gleichgiltig, welche der drei Elasticitätsachsen der ersteren Richtung entspricht, in der Oberfläche des unter + 45° oder — 45° orientirten liegenden Cylinders gleichmässig über dessen beiden Hälften vertheilt, da je zwei einander diametral gegenüberstehende Quadranten die gleiche optische Wirkung äussern. In der Stellung unter 0° oder 90° erscheint der Cylinder neutral, da hier die Schwingungsebenen mit den Polarisationsebenen zusammenfallen.

Auf dem Querschnitte beobachtet man ein neutrales Kreuz mit Additions- und Subtractionsquadranten, und die Arme des ersteren schneiden die Projectionen der Polarisationsebenen unter schiefen Winkeln. Welche zwei von den einander gegenüberstehenden Quadranten Additions- oder Subtractionsfarben zeigen, hängt davon ab, welche von den beiden in dem Querschnitte liegenden Elasticitätsachsen mit dem Radius den kleinsten Winkel macht.

Sind die drei Elasticitätsachsen sowohl gegen den Radius wie gegen die Tangente und die Längsachse des Cylinders geneigt, so erscheint derselbe in liegender Stellung mit Interferenzstreifen bedeckt, die weder ihrer Folge nach bestimmt sind, noch in ihrer Anordnung über die beiden Hälften der zugekehrten Mantelfläche Gleichmässigkeit zeigen. Der Querschnitt gibt ein zwar rechtwinkliges, aber gegen die Projectionen der Polarisationsebenen geneigtes Kreuz und die Quadranten, deren Farbencharakter von den darin zur Geltung kommenden Elasticitätsachsen abhängig ist.

Die Kugel.

Die optisch zweiachsige Kugel verhält sich für sich, wie nach der Einschaltung eines verzögernden Plättchens, ebenso wie eine einachsige Kugel mit radial gestellter optischer Achse. Wir erhalten auf dem dunkelen Gesichtsfelde das dunkele Kreuz mit den den Durchmessern von + und — 45° entsprechenden, von Interferenzfarben erhellten Quadranten, nach der Einschaltung eines verzögernden Plättchens das rothe Kreuz mit den einander diametral gegenüberstehenden Additions- und Subtractionsquadranten, deren Farbencharakter durch den positiven oder negativen Charakter des Objectes bedingt wird.

ZEHNTER ABSCHNITT.

ZEICHNUNG UND AUFBEWAHRUNG MIKROSKOPISCHER PRÄPARATE.

I. Die mikroskopische Zeichnung.

Wie für den Naturforscher überhaupt, so ist für den Mikroskopiker insbesondere das Zeichnen ein wesentliches Erforderniss, und es muss der angehende Beobachter, falls er die nothwendige Fertigkeit in dieser Kunst nicht besitzen sollte, sich dieselbe anzueignen suchen.

Eine jede Beobachtung ist, wenn sie überhaupt der Wissenschaft zu Gute kommen soll, durch eine deutliche und naturgetreue Zeichnung festzuhalten. Letztere kann durch kein anderes Mittel unnöthig gemacht oder ersetzt werden, und eine auch noch so genaue und eingehende Beschreibung des Beobachteten wird ohne die Beigabe der entsprechenden Zeichnung immer mehr oder minder unverständlich bleiben. Die Anfertigung einer brauchbaren mikroskopischen Zeichnung verlangt indessen durchaus keine so grosse Kunstfertigkeit, wie man sich wohl hier und da einbildet. Die Hauptsache bleibt das Richtigsehen, verbunden mit der zur getreuen Wiedergabe erforderlichen Unbefangenheit. Eine sichere, feste Hand, über welche der Mikroskopiker ohnedem zur Anfertigung seiner Präparate gebieten muss, sowie die nöthige Geduld thun das Uebrige, und man wird, hiermit ausgerüstet, es niemals schwierig finden, dasjenige mittelst des Bleistiftes, der Feder oder des Pinsels auf dem Papiere festzuhalten, was für eine wissenschaftlich brauchbare Zeichnung unerlässlich ist.

Man mache es sich gleichsam zum Gesetze, bei jeder Beobachtung sorgfältig alles das zu zeichnen, was für dieselbe von Bedeutung erscheint. Niemals lasse man seine Zeichnungen von fremder Hand aus-

führen, wie das von mehreren Seiten geschehen ist, noch geschieht und von einzelnen Autoren sogar besonders hervorgehoben wird. Es mögen dadurch wohl die Zeichnungen an Eleganz gewinnen, allein die übrigen Anforderungen, welche man an sie zu stellen berechtigt ist, werden dabei meist sehr stiefmütterlich wegkommen. Mit der gerühmten Unbefangenheit ist es in der Regel nicht weit her, und gerade das nothwendigste Erforderniss, d. h. die Fähigkeit, unter dem Mikroskope richtig zu sehen, bleibt unerfüllt. Ausserdem ist, wie wir später sehen werden, zur Wiedergabe einer mikroskopischen Beobachtung nicht blos eine einzelne Flächeneinstellung hinreichend, sondern es wird die Combination der verschiedenen, durch einen stetigen Wechsel der Einstellung erhaltenen Bilder erforderlich. — Aus allem dem geht mit Nothwendigkeit hervor, dass werthvolle mikroskopische Zeichnungen nur derjenige zu liefern im Stande sein wird, der selber mit der Beobachtung genügend vertraut ist, dass der Mikroskopiker also sein eigener Zeichner sein muss.

Es muss aus diesen Gründen der mikroskopischen Zeichnung an diesem Orte die nöthige Berücksichtigung zu Theil werden. Doch kann natürlich nicht die Rede davon sein, eine vollständige technische Anleitung zum mikroskopischen Zeichnen zu geben. Wir haben es zunächst nur mit den Anforderungen zu thun, welche man an eine gute mikroskopische Zeichnung stellen muss, sowie dem Anfänger diejenigen auf die Technik bezüglichen Winke zu geben, deren Beachtung ihm bei diesem Theile seiner Arbeit einen möglichst günstigen Erfolg zu sichern im Stande ist.

Erfordernisse einer mikroskopischen Zeichnung. — Die Anforderungen, welche an eine gute wissenschaftliche Zeichnung gestellt werden müssen, sind folgende:

1. Es muss dieselbe naturgetreu sein, d. h. genau das wiedergeben, was man beobachtet hat. Um diese Naturtreue zu erreichen, ist es unerlässlich, dass man für das darzustellende Object selber das richtige Verständniss mitbringt, d. h. dass man das Verhältniss seiner einzelnen Theile zu einander, sowie deren Bedeutung für das Ganze richtig erkannt hat. Mit einem Worte, man muss zuerst richtig beobachtet und den Gegenstand allseitig untersucht haben, und dann erst zur Zeichnung schreiten.

Diese Forderung fällt aber keineswegs mit der zusammen, dass die Zeichnung eben nur das und nichts weiteres enthalte, als was uns eine bestimmte Flächeneinstellung des Gegenstandes zeigt, oder dass Alles, was in dem Gesichtsfelde erscheine, auch von der Zeichnung wiedergegeben werden müsse.

Das Mikroskop dient dazu, unserem Gesichtssinne zu Hilfe zu kommen, und für den Betrachtenden soll eben die Zeichnung momentan dieses Hilfsmittel ersetzen, ohne dass derselbe genöthigt wäre, für sich alle die Einzelanschauungen zu wiederholen, welche zusammen das Resultat

der Beobachtung ausmachen und durch die verschiedenen Einstellungen erreicht worden sind. Die mikroskopische Zeichnung soll eine Anschauung gewähren, welche der gewohnten Anschauungsweise mit blossem Auge möglichst nahe kommt. Da wir nun gewohnt sind, die uns umgebenden Gegenstände körperlich, d. h. nach den drei Dimensionen des Raumes ausgedehnt, aufzufassen, so muss jene diese Auffassungsweise soweit als möglich zu unterstützen suchen.

Nun übersehen wir aber mittelst des Mikroskopes nur das in einer ebenen Fläche Befindliche mit voller Bestimmtheit, und müssen die Körperlichkeit der Objecte unserem Sinne mit Hilfe der verschiedenen Einstellungen, die wir oben schon als ein wichtiges Moment der Beobachtung kennen gelernt haben, zur Anschauung bringen. Es wäre sonach eine verkehrte Forderung, wollte man von der mikroskopischen Zeichnung verlangen, dass sie nur ein einzelnes Moment der Beobachtung darstellte. Ich brauche nur an ein paar leicht verständliche Beispiele zu erinnern, um dies klar zu machen.

Sollen wir z. B. die ziemlich weiten netzförmigen Gefässe der Gartenbalsamine in der Zeichnung wiedergeben, so würde uns das Mikroskop auf die Ränder derselben eingestellt nur von den diesen zunächst gelegenen Partieen ein scharfes Bild geben, während die Mitte gleichsam von einem Nebel umhüllt wäre, und umgekehrt müsste auf die Mitte eingestellt nur diese scharf gezeichnet, die Ränder dagegen undeutlich und verwaschen erscheinen. Erst die verschiedenen stetig einander folgenden Einstellungen vermögen eine Gesammtanschauung eines solchen Gefässes zu geben. Diese aber soll gerade die Zeichnung repräsentiren, und sie muss uns mit voller Bestimmtheit in dem auf der Fläche des Papieres ausgebreiteten Bilde entgegentreten.

Man darf sich daher bei solchen Zeichnungen nicht auf einfache Striche beschränken, die immer nur ein flächenhaftes Bild gewähren, sondern es müssen die der körperlichen Anschauung entsprechenden Licht- und Schattenverhältnisse wohl beachtet werden.

Aehnlich verhält es sich bei der Darstellung von mikroskopischen Krystallen. Für diese gewährt eine einzige Flächeneinstellung ebenfalls niemals eine anschauliche Erkenntniss, und es sind in der Zeichnung immer die Resultate der verschiedenen Durchschnittsansichten zu vereinigen.

2. In diesen Erfordernissen liegt schon ein Schritt zur Erfüllung der zweiten Anforderung der Deutlichkeit und Verständlichkeit. Diese bedingt aber noch ferner, dass aus der Wiedergabe der mikroskopischen Beobachtung alles dasjenige ausgeschlossen bleibe, was nicht zu dem Gegenstande selbst und dessen Verständniss gehört. Es wird immer nur einzelne Fälle geben, in denen man das eigentliche Object der Beobachtung isolirt von allen umgebenden Gewebe- und Elementartheilen vor sich hat. Alles, was nicht zu dem Objecte selbst gehört, darf daher nicht nur, sondern soll in der Zeichnung entweder ganz wegbleiben,

oder doch nur in solcher Weise angedeutet werden, dass es die Anschauung dessen nicht beeinträchtigt, worauf es hauptsächlich und allein ankommt.

Um das Verständniss zu erleichtern, muss die Zeichnung sich so genau als möglich an die Maassverhältnisse des mikroskopischen Bildes halten. Es müssen nicht nur alle nothwendigen Einzelheiten darin erscheinen, sondern gegeneinander auch dieselben Verhältnisse einnehmen, wie in dem letzteren. Namentlich ist die genaueste Beachtung dieser Forderung überall da geboten, wo es sich um zu controlirende Maassbestimmungen handelt. Hier sollte man daher seine Skizzen niemals mittelst der freien Hand, sondern mit Hilfe der Camera lucida entwerfen, und die zu veröffentlichenden Zeichnungen später genau danach ausführen. Es bedarf dann nur der Beisetzung der Vergrösserung, um dem Leser eine vollkommen sichere Controle der Maassbestimmungen zu ermöglichen.

Hilfsmittel zum Zeichnen. — Ueber die Anwendung der verschiedenen Hilfsmittel zum Zeichnen habe ich bereits in dem Vorausgehenden gesprochen. Um sich mit deren Gebrauch recht vertraut zu machen, wird immerhin einige Uebung erfordert, die man sich aneignen muss. Eine Hauptbedingung für die sichere und genaue Ausführung der Umrisse u. s. w. bleibt eine zweckmässige Regelung der Beleuchtungsgrade des Gesichtsfeldes und der Zeichenfläche. Soweit es irgend geht, sollten dieselben einander gleich sein. Für schwächere Vergrösserungen wird man mehr oder minder stark abblenden müssen, wozu namentlich die Cylinderblendungen das geeignetste, nicht zu ersetzende Mittel gewähren. Bei stärkeren Vergrösserungen oder auch bei denjenigen Zeichenapparaten, die einen Lichtverlust bedingen, wird es nöthig, das Zeichenpapier etwas zu beschatten, um das projicirte mikroskopische Bild mit hinreichender Schärfe zu sehen. Dies führt aber wiederum den Nachtheil mit sich, dass man die Bleistiftspitze nicht scharf genug sieht. Für solche Fälle ist es zweckmässig dem Vorschlage Harting's zu folgen, und als Zeichenfläche eine Schiefertafel oder schwarzes Schieferpapier zu benutzen, worauf man mittelst eines Schiefer- oder Kreidestiftes zeichnet. Um die Zeichenfläche unverrückt in ihrer Lage zu erhalten, befestigt man dieselbe auf dem Zeichenpulte, dessen man in den meisten Fällen, auch dann bedarf, wenn die Camera lucida das Bild auf eine horizontale Ebene projicirt. Sehr gut eignen sich hierfür die kleinen, mit breiten Messingköpfen versehenen, sogenannten Aufspannzwecken, die man leicht eindrücken und wieder wegnehmen kann. Wenn man nicht Zeichnungen anzufertigen hat, welche die Grösse des Gesichtsfeldes übersteigen, so schneidet man sich Papier oder Schieferpapier in quadratische, etwa der Grösse des Gesichtsfeldes gleichkommende Blättchen, weil diese sich am bequemsten behandeln lassen. Um die Originalzeichnungen von der ersten Skizze aus auf die Tafeln zu übertragen, paust man jene auf die bekannte Weise durch. So erhält man in den Umrissen und den re-

lativen Verhältnissen der einzelnen Theile getreue Copien, denen man die nothwendige weitere Ausführung zu Theil werden lässt.

Schematische Zeichnungen. — Ehe ich zu den Winken über die technische Ausführung der Zeichnungen übergehe, kann ich nicht umhin, auf eine Art von Zeichnungen zurückzukommen, die man selbst noch in der neueren Zeit in einzelnen Abhandlungen und Werken findet und die vereinzelte Fälle ausgenommen gänzlich zu verwerfen sind. Es sind dies die sogenannten schematischen Zeichnungen. Durch dieselben lernt man nicht nur Nichts, indem sie keine Anschauung der Natur geben, sondern in den meisten Fällen erwecken sie ganz falsche Vorstellungen, weil in der Regel der Beobachter zu viel von seiner individuellen Anschauung hineinträgt, die Sache mehr zeichnet, wie er sie sich denkt, und so die Natur gleichsam in sein Schema zwängt. Nur in solchen Fällen, wo mehrere Einzelanschauungen, die in der Beobachtung nur getrennt von einander vorkommen, in einer Gesammtanschauung auf einander bezogen werden sollen, kann man sich sogenannte halbschematische Figuren gestatten, die im Grunde doch ganz und gar auf der Natur beruhen. Dann ist dies aber immer anzugeben. Wo bestimmte Erscheinungen oder Formen wiederzugeben sind, da halte man dieselben nur durch ein getreues Bild fest, lasse sich niemals durch die Mühe, die eine sorgfältig und genau ausgeführte, auf gründliche Beobachtung fussende Zeichnung verlangt, von dieser abhalten, und suche nicht den fremden Beschauer durch ein paar hingeworfene Striche und Zeichen abzufinden, die aus einer meist oberflächlichen Beobachtung geschöpft sind.

Art der Ausführung mikroskopischer Zeichnungen. — Gehen wir zu der eigentlichen Technik, d. h. der Ausführung der mikroskopischen Zeichnung über, so muss auch in dieser Beziehung gewissen Anforderungen Genüge geschehen. Obwohl eine eigentliche künstlerische Ausführung nicht verlangt wird und werden kann, so sollte man es sich doch im Allgemeinen zum Gesetze machen, seinen Zeichnungen einen möglichst hohen Grad von Correctheit und Sauberkeit zu geben, und bei deren Ausführung eine geringe Mühe nicht scheuen. Schon die oben gestellten Anforderungen bedingen diese Eigenschaften, indem es ganz und gar nicht gleichgiltig ist, ob eine Linie zarter oder schwächer gezeichnet, ob die Entfernung zweier nebeneinander verlaufender Linien grösser oder kleiner angegeben wird. Ebenso bedingt die Darstellung des Körperlichen eine wohl beachtete Wiedergabe der Licht- und Schattenverhältnisse. Wer die Rücksichtnahme auf diese Dinge für Effecthascherei und dieselbe für unnützes Beiwerk erklärt, der hat meiner Ansicht nach wenig Verständniss für eine getreue und verständliche Zeichnung.

Dass unter einer fleissigen und correcten, schönen Ausführung die Treue leide, wie von manchen Seiten behauptet wird, ist doch wohl kei-

neswegs vorauszusetzen, da gerade sie uns zu einem häufigen Vergleich zwischen Original und Copie veranlasst, und die allseitige Auffassung während der Beobachtung schärft. Wer es nicht zu einer geschickten Führung von Stift, Feder oder Pinsel bringen kann, der möge sich begnügen, durch einfache Striche anzudeuten, was der Andere der Natur entsprechend weiter auszuführen versteht, suche aber nicht besser ausgeführte Bilder herabzusetzen.

Correcte und schöne, mit allen erforderlichen Einzelheiten ausgestattete Figuren gewähren dem Beschauer neben dem bessern Verständniss eine höhere Befriedigung, als rohe, faserige und schablonenartig steife, nichtssagende Bilder. Es ermüdet bei dem Studium einer wissenschaftlichen, mit Figuren ausgestatteten Abhandlung weit mehr, wenn man erst aus eigener Erinnerung sich ein plastisches Bild construiren muss, als wenn uns dieses schon in der Zeichnung frappant entgegentritt.

Beispiele, welche diesen Unterschied darthun, werden dem in der histiologischen Literatur Bewanderten in hinreichender Zahl gegenwärtig sein. Hinter wieviele Figuren-Erklärungen möchte man nicht, wenn man das Bild mit dem vergleicht, was man selbst im Mikroskope angeschaut hat, ein Fragezeichen setzen? — Freilich ist hieran der Autor nicht immer selbst Schuld, da oft die sorgfältigst ausgeführten Figuren durch den Holzschneider, den Lithographen oder beim Drucke in der empfindlichsten Weise verdorben werden. Es ist eben nicht Jeder im Stande, eine mikroskopische Figur in der rechten Weise zu copiren, und sollte man daher auch in dieser Beziehung auf die richtige Wahl des Künstlers bedacht sein. Leider aber hängt diese nur in seltenen Fällen von dem Mikroskopiker ab, und er muss sich dem Wunsche der Verleger unterordnen. Am besten würde es allerdings sein, wenn der Beobachter seine Figuren selbst auf den Stein, das Holz oder das Kupfer zu übertragen verstände. Da das aber einmal nicht angeht, weil dazu wieder gewisse Kunstfertigkeiten gehören, so sollten wissenschaftliche Figurentafeln, wo es thunlich ist, unter der Aufsicht der Autoren oder doch fachkundiger Männer ausgeführt werden. Nur wo sich die betreffenden Künstler unter dem Beirathe von Fachmännern herangebildet haben, da kann man ihnen solche Arbeiten mit vollem Vertrauen überlassen.

Naturgetreue und schöne Zeichnungen bedingen zu ihrer Ausführung das entsprechende Material. Ehe ich daher zu den kurzen Andeutungen über die Ausführung der verschiedenen Arten mikroskopischer Zeichnungen übergehe, möge es mir gestattet sein, einige Worte über diese letzteren vorauszuschicken. Als solche kommen namentlich Papier, Bleistifte, Zeichenfedern, Pinsel und einige wenige Farben in Betracht.

Zeichenmaterialien. — Für die gewöhnlichen histiologischen Zeichnungen, mögen sie mit Stift, Feder oder Pinsel ausgeführt werden, eignet sich ein festes, glattes und weisses Zeichenpapier am besten. Ausgezeichnet ist das Papier von Whatmann, weniger gut habe ich die fran-

zösischen Zeichenpapiere gefunden. Für Zeichnungen, die mehr Körperlichkeit verlangen und mit Tusche ausgeführt werden sollen, bei denen man also laviren muss, ebenso für alle solche, bei denen Wasserfarben Anwendung finden, ist ein weniger glattes, feinkörniges Papier zweckmässiger, weil sich auf diesem die Farben leichter verarbeiten lassen. Die Körnung darf indessen nicht so stark sein, dass die Reinheit der Umrisszeichnung leidet.

Von Bleistiften wähle man nur die anerkannt besseren Sorten. Als sehr brauchbar sind namentlich die bekannten Faber'schen Stifte zu empfehlen. Ihnen ganz nahe kommen die Stifte von Rehbach, sowie von J. S. Staedler in Nürnberg. Will man den Bleistift blos zur ersten Anlage der Umrisse benutzen, so reicht man mit einer mittelharten Sorte, etwa Nr. 3 von Faber, aus, soll derselbe dagegen zur vollen Ausführung dienen, so muss man auch die weichen Nummern Nr. 2 und 1 von Faber oder diesen entsprechende Nummern anderer Fabrikanten besitzen.

Die Zeichenfeder lässt sich mit gutem Erfolge zur Ausführung der Umrisszeichnungen verwenden, und dürfte deren Handhabung gewiss Manchem weit leichter werden, als die des Pinsels. Es eignen sich als solche vorzüglich die sogenannten lithographischen Federn, ebenso die englischen Zeichenfedern von Bowmann, weil man mit denselben je nach dem Druck die feinsten Nüancen in der Stärke der Striche von den zartesten Contouren bis zu den starken Schattenlinien ausführen kann. Auf keinen Fall wende man sich zu den wohlfeilen Federn dieser Art, die in der Regel nur eine harte Linie geben und für die starken Schatten kaum zu gebrauchen sind.

Der Pinsel wird sowohl für Umrisse wie für Schatten- und Farbenanlagen gebraucht, und muss man je nach der Bestimmung eine Auswahl verschiedener Pinsel besitzen.

Für die Umrisse benutzt man solche mit feiner Spitze und sind zu diesem Zwecke die in der Oelmalerei gebrauchten feinen, unter dem Namen Schlepper bekannten, Marderpinsel besonders zu empfehlen. Die Ausführung der Umrisse mittelst des Pinsels erfordert allerdings mehr Uebung in dem Gebrauche, dagegen lässt sich mit demselben, wenn man jene einmal erworben hat, sehr rasch arbeiten, und es erlangen die Figuren eine grössere Weichheit, als wenn jene mit der Feder gezeichnet werden.

Zu den Schatten- sowie zu den Farbenanlagen benutzt man breitere Pinsel; zum Verwaschen endlich eignen sich am besten längere Zeit im Gebrauch gewesene, deren Spitze bereits abgestumpft ist.

In der Auswahl der Pinsel sei man vorsichtig, und lasse sich nicht durch einen etwas hohen Preis abhalten, nur aus den besten und feinsten Sorten seinen Vorrath anzuschaffen oder zu ergänzen. Nichts rächt sich bei der Ausführung der Zeichnungen mehr, als der Gebrauch schlechter Pinsel.

Für die Farbengebung eignen sich für unsere Zwecke eigentlich nur Wasserfarben. Von Oelfarben möchte nur in einzelnen später zu erwähnenden Fällen Anwendung zu machen sein, vorausgesetzt, dass man sich mit der Technik dieser Malerei etwas vertraut gemacht hat. Als die besten Farben hebe ich die Ackermann'schen Wasserfarben hervor, welche sich namentlich ihrer Durchsichtigkeit halber zu den in Frage kommenden Zeichnungen eignen. Die Pariser Honigfarben, die ich zu anderen Zwecken benutze und hier und da für die mikroskopische Zeichnung versucht habe, eignen sich meinen Erfahrungen nach weniger gut, als jene, und sind auch etwas schwieriger zu behandeln. Man braucht im Ganzen nur wenig Farben, und kommt recht gut mit folgenden aus: Gummigutt oder Indischgelb und Indigo geben die weniger glänzenden Grüne, während man für die glänzenden Grüne Saftgrün, Brown pink oder Gummigutt mit Berlinerblau oder Indigo mischt. Namentlich erhält man durch Brown pink und Indigo wunderschöne Schattengrüne. Berlinerblau wird sowohl für sich als in Verbindung mit Carmin zu den violetten Mischungen gebraucht. Ultramarin oder Cobaltblau dient namentlich zur Hebung der blauen Farbentöne, und lässt sich geeigneten Falles recht gut verwenden, ebenso liefert dasselbe mit Carmin feurige violette Töne. Für die verschiedenen braunen Farbentöne reicht man mit gebrannter Terra Sienna und Sepia aus, denen man je nach Erforderniss noch gebrannten Ocker oder auch Carmin zur Hebung beimischt. In einzelnen Fällen wird man von dunklerem, als dem obigen Gelb, etwa von Chromgelb, und hier und da von Zinnober Gebrauch machen müssen.

In der neuesten Zeit sind von H. W. Sussner in Nürnberg farbige Oelkreidestifte unter dem Namen Creta polycolor in den Handel gebracht worden, die sich für manche Farbentöne recht gut eignen, wenn man ein Papier (keineswegs aber Tonpapier) anwendet, das einen guten Auftrag gestattet, und dem nothwendigen Gebrauch des Wischers entspricht. Wo man eine absolut getreue Wiedergabe der Farbentöne verlangt, da ist die Handhabung insofern erschwert, als sich die Mischtöne nicht leicht erreichen lassen. Wo es dagegen nur auf eine mehr andeutungsweise Farbengebung ankommt, da lassen sich dieselben empfehlen, indem sie ein rasches Arbeiten gestatten. Von diesen Stiften lassen sich auch die weissen gut gebrauchen, wenn man auf dunkelem (namentlich Oelgrunde) weiss zu zeichnen hat, wie z. B. bei den Polarisationserscheinungen.

Umrisszeichnungen. — Die meisten Zeichnungen, welche in der mikroskopischen Praxis vorkommen, sind einfache Umrisszeichnungen, wie z. B. bei den fertigen Pflanzengeweben, bei manchen thierischen Geweben und Elementartheilen. Hier wird es in der Regel genügen, die mittelst der Camera lucida entworfenen Umrisse mit Zuhilfenahme des betreffenden Präparates, welches man unter dem Mikroskope hat, zu corrigiren und mit

Rücksichtnahme auf Licht- und Schattenseite rein auszuführen. Wo man in Höhlungen hineinsieht, da sind die Schatten immer etwas tiefer, als da, wo die Contouren benachbarter Gewebeelemente zusammenstossen. Jene müssen daher auch in der Zeichnung in der entsprechenden Stärke ausgeführt sein, um der Flächenansicht die erforderliche Körperlichkeit zu verleihen. Eine recht genaue Betrachtung des mikroskopischen Bildes wird hierfür die besten Winke an die Hand geben. Wo auf den Schnitten röhrenförmige oder faserförmige Elementarorgane auftreten, die etwa halbirt sind, da muss aus der Zeichnung erkannt werden, ob man jene oder diese, die untere concave oder die obere convexe Hälfte vor sich hat, indem, den mit blossem Auge erlangten körperlichen Ansichten entsprechend, im ersteren Falle der stärkste Schatten zur rechten, im anderen zur linken Seite der Achse gelegt wird.

In gleicher Weise muss der Unterschied zwischen Vertiefungen und Erhabenheiten bei anderen Structuren, in der Substanz der Membranen oder der Oberflächen hervorgehoben werden.

Ob man bei diesen Zeichnungen Stift, Feder oder Pinsel gebraucht, immer hat man auf Präcision der Umrisse sowie auf deren relative Stärke zu achten, und ist dafür, wenn man mit den beiden letzteren zeichnet, namentlich die Consistenz der Tusche von Bedeutung. Hierüber können indessen keine allgemeinen Vorschriften gegeben werden, und muss man sich eben, ehe man an die Ausführung geht, von dem richtigen Flüssigkeitsgrade überzeugen.

Wenn man mit dem Stifte zeichnet, der indessen nach meinen Erfahrungen keine so bestimmte und reine Ausführung der feinsten Details gestattet, als Feder und Pinsel, benutzt man bei der Anlage grösserer und zarter Schattenpartieen den Wischer, mittelst dessen sich eine grosse Weichheit erzielen lässt. Bei Feder- oder Pinselzeichnungen führt man dieselben in der bekannten Wasch- oder Lavirmanier aus.

Wiedergabe des Zelleninhaltes u. s. w. — Neben den Umrissen der Gewebselemente wird in einer grossen Anzahl von Fällen auch die genaue Wiedergabe des Inhaltes erforderlich. Wo dieser für die histiologische und physiologische Bedeutung der betreffenden Elementarorgane oder Gewebe sowie für die Entwickelungsgeschichte von Wichtigkeit ist, da muss die Beschaffenheit desselben aus der Zeichnung ohne Mühe erkannt werden. Es ist daher auf dessen Darstellung die erforderliche Sorgfalt zu verwenden, und man darf sich nicht mit einigen flüchtigen Andeutungen begnügen, die dem Beschauer sagen, da ist Etwas, es aber seiner Phantasie überlassen, das Was und Wie sich auszumalen. Gerade diese Darstellung wird dem Anfänger oft die meiste Mühe verursachen, und es hilft zu deren Ueberwindung nur eine wiederholte und eingehende Beobachtung. Wo der Inhalt keine besondere Bedeutsamkeit besitzt, da mag man ihn mehr derart ausführen, dass nur allgemeinere Charaktere fest gehalten werden.

Morphologische Zeichnungen. — Erfordern schon die Flächenansichten und namentlich die getreue Darstellung des Inhaltes die Wiedergabe der Körperlichkeit, so ist dies in noch höherem Grade bei morphologischen Figuren, sowie bei den Habituszeichnungen der mikroskopischen Pflanzen und Thiere der Fall. Hier muss uns das betreffende Organ oder das dargestellte Geschöpf in seiner vollen Plasticität entgegentreten, was nicht allein die Beachtung von Schatten und Licht, sondern auch der Perspective erfordert. Derartige Zeichnungen sind daher schon etwas schwieriger auszuführen, allein die nöthige Geduld wird bald zum Ziele führen. Das mikroskopische Bild unterstützt uns hier insofern etwas, als derartige Beobachtungen nur bei schwachen Vergrösserungen vorgenommen werden, welche die Lage der einzelnen Theile zu einander leichter erkennen lassen, da sie keine so absolute Flächenansicht gewähren, wie die stärkeren Vergrösserungen. Zur Ausführung bedient man sich entweder des Stiftes und Wischers oder des Pinsels, da die Federzeichnung an zu grosser Härte leiden würde.

Anwendung der Farben. — Die Anwendung von Farben wird bei der mikroskopischen Zeichnung vorzugsweise für manche Inhaltselemente der Zellen und Gewebe, dann für die Darstellung injicirter Gefässe, mikrochemischer Reactionen u. s. w. erforderlich. Auch hier kann nur ein unbedingt treues Wiedergeben des Beobachteten empfohlen werden, indem Art und Ton der Färbung z. B. oft sehr bedeutend zum Wiedererkennen einzelliger organischer Wesen beitragen und bei den Reactionserscheinungen die Schlussfolgerung in Beziehung auf Art und Quantität der betreffenden Substanz ausserordentlich erleichtern. Namentlich bei den chemischen Reactionen ist in dieser Beziehung zu beachten, dass der Text einer Abhandlung sich zunächst an die Zeichnung und einzelne Notizen anzulehnen hat, da ein Aufbewahren von Reactionspräparaten nur selten oder gar nicht möglich ist. Man muss daher gerade für diese Art Zeichnungen sich eine vollständig getreue Wiedergabe zum unabänderlichen Gesetze machen. Es wird dabei nur in den seltensten Fällen von reinen Farben Gebrauch gemacht werden können. In der Regel werden Mischungen erfordert. Hierfür muss man allerdings, um den richtigen Ton zu treffen, entweder Farbensinn und einige Kenntniss der Farben und ihrer Verträglichkeit untereinander mitbringen, oder sich durch genaues Studium der Natur aneignen, wozu eine längere Uebung und Erfahrung nöthig sein wird. Allgemeine Vorschriften lassen sich über diesen Punkt nicht geben, weil sie zu weit von unserm Ziele abführen und doch nicht viel nützen würden. Vielleicht werden wir im speciellen Theile Veranlassung nehmen, hier und da einige Winke einzustreuen. Für jeden Beschauer absolut wahre Reactionsfiguren sind übrigens unmöglich, da bekanntlich kein Gebiet unserer anschaulichen Erkenntniss so sehr von der Individualität abhängig ist, als das der Farbe.

Polarisationsfiguren. — Eine eigene Technik erfordern die Zeichnungen, welche der Darstellung von Polarisationserscheinungen dienen sollen. Für die durch gekreuzte Nicols hervorgerufenen Erscheinungen bedarf es der weissen oder farbigen Zeichnung auf schwarzem Grunde, während die Polarisationserscheinungen bei Anwendung des $^1/_4$ Glimmerplättchens Weiss und Schwarz auf blaugrauem Grunde, bei Anwendung des gewöhnlich gebrauchten Gypsblättchens vom Roth erster Ordnung eine brillante Farbengebung auf rothem Grunde verlangen. Hier reichen wir, wenn wir naturgetreue Figuren liefern wollen, mit den oben erwähnten Zeichenmaterialien durchaus nicht aus, indem sich uns entweder zu bedeutende Schwierigkeiten überhaupt entgegenstellen oder doch eine ausreichend lebendige Farbengebung mit ihren Uebergängen ineinander fast unmöglich wird. Ich habe, da ich mich vielfach mit Polarisationserscheinungen beschäftigte, einen eigenen Weg eingeschlagen, auf dem ich ganz befriedigende Resultate erhielt. Ich benutze dabei, da solches im Handel nicht zu erhalten war, ein selbst grundirtes Papier, dessen Zubereitung ziemlich einfach ist. Gewöhnlicher weisser Carton wird, auf ein Zeichenbrett gespannt, mit einer flüssigen Leim- oder Gelatinelösung ein- oder zweimal bestrichen, bis der Grund hinreichend gedeckt ist, und dann mit Oelfarbe von einem der Farbe des Gesichtsfeldes entsprechenden Farbentone grundirt. Die Ebenung der Oberfläche geschieht in derselben Weise wie bei der Ausarbeitung grösserer Flächen in der Oelmalerei. Will man die Fläche noch weiter glätten, so reibt man dieselbe mittelst eines feinen Bimssteines ab.

Auf derartig grundirten Carton lässt sich ausgezeichnet mit der Sussner'schen Creta polycolor zeichnen, namentlich gewähren die weissen Bilder auf schwarzem Grunde, bei Schärfe und Bestimmtheit, einen prächtigen Anblick. Für feines Detail und Contouren verwendet man indessen besser Kremserweiss in Oel. Auf dem blaugrauen Grunde zeichnet man mit schwarzen und weissen Stiften. Für die Farbengebung auf dem rothen Gypsgrunde benutzt man die entsprechenden Farben der genannten Stifte, oder, wenn die Farbe nicht ausdrucksvoll genug wird, Oelfarben.

Anwendung der Photographie. — Schliesslich glaube ich noch auf die in neuerer Zeit von einigen Seiten aufgetauchten Versuche zurückkommen zu müssen, welche die mikroskopische Zeichnung durch photographische Aufnahmen zu ersetzen streben. Für einzelne Gegenstände, wie z. B. die Kieselpanzer der Diatomeen u. s. w., ist das photographische Bild ganz passend, dagegen wird dasselbe nach allem, was mir aus eigener Anschauung in der neuesten Zeit bekannt geworden ist, vorläufig wenigstens noch keineswegs im Stande sein, die von dem Beobachter gefertigte mikroskopische Zeichnung zu ersetzen. Die Photographie mag zwar alles das, was bei einer bestimmten Flächeneinstellung in derselben horizontalen Ebene des Gesichtsfeldes erscheint, mit absoluter Treue wiedergeben. Allein sie wird die im Anfange ge-

stellten Bedingungen der Treue, Deutlichkeit und Verständlichkeit nicht zu erfüllen und somit nicht im Stande sein, unserer productiven Einbildungskraft in der erforderlichen Weise zu Hilfe zu kommen. Ich habe auch keine einzige photographische Darstellung aus der Histiologie gesehen, welche dem aus der Beobachtung gewonnenen Gesammtbilde entsprochen hätte, indem sich mit den scharf und bestimmt gezeichneten Stellen der Einstellungsebene immer verwischte, vergrösserte und oft verzerrte Diffusionsbilder mischen, welche dem ganzen Bilde den Charakter der Unbestimmtheit und Unklarheit aufdrücken. Ganz abgesehen also von den höheren Herstellungskosten und der Ungleichheit der Abdrücke, welche mit der Illustration von einzelnen Abhandlungen oder von ganzen Werken verknüpft sein würden, kann meiner Ueberzeugung nach auch dann die Photographie die zeichnende Hand des Mikroskopikers nicht ersetzen, wenn es gelingen sollte, die Copie derselben unmittelbar auf den Stein abzudrucken. Denn wenn auch aus diesem Verfahren gelungene Darstellungen vereinzelter Gegenstände hervorgehen können, so werden wir doch bei dem grössten Theile der unseren Beobachtungen zu Grunde gelegten Präparate im Stiche gelassen werden.

Die Bedeutung für die mikroskopische Messung dürfte im Allgemeinen ebenfalls kaum so hoch anzuschlagen sein, wie das von Gerlach hervorgehoben worden ist. Die von mir weiter oben geschilderte Messungsmethode, wobei die Copie des Objectmikrometers als Maassstab benutzt wird, bietet für weitaus die grössere Anzahl der Objecte dieselbe Sicherheit. Nur für sehr kleine Grössenverhältnisse dürfte die Photographie Vortheile bieten.

Eine höhere Bedeutung dagegen mag dieselbe als Hilfsmittel der Untersuchung gewinnen, um sehr feine und schwierig zu ermittelnde Structurverhältnisse aufzuspüren. An dem photographischen Bilde nehmen nämlich auch noch solche stärker brechbare (überviolette) Strahlen Theil, welche von dem Auge nicht mehr aufgefasst werden. So kommt es, dass das Netzhautbildchen und das auf der empfindlichen Glasplatte des photographischen Apparates entstehende Bild nicht nothwendig identisch sein müssen, sondern dass in jenen noch Einzelheiten festgehalten sein können, welche dem Auge bei der Beobachtung nothwendigerweise entgehen. Einen Beweis hierfür liefern theils die durch englische Mikrophotographie erlangten Resultate, namentlich von Wenham, ebenso das, was Gerlach in seinem kleinen vorzüglichen Schriftchen (die Photographie als Hilfsmittel mikroskopischer Forschung. Leipzig 1862) S. 12 u. folg. darüber in Erfahrung gebracht hat*). Mündliche Mittheilungen von Hartnack bestätigen diese Angaben ebenfalls, indem es, gemäss derselben, Bertsch in Paris gelungen ist, die

*) Was die dort angeführte knotenförmige Verdickung der lichten Substanz der quergestreiften Muskelfasern betrifft, so habe ich dieselben auch im Mikroskope bei den Muskeln des Menschen ganz so wahrgenommen, wie sie in der Photographie erscheinen.

Zeichnung der schwierigeren Probeobjecte auf photographischem Wege schon mit solchen Systemen zur Anschauung zu bringen, die bei der gewöhnlichen Beobachtungsweise keine Spur davon zeigen. Ein zweites Moment für die Unterstützung der Forschung liegt in der möglichen Steigerung der Vergrösserung. So ausgezeichnet auch die Wirkung der neueren und neuesten herrlichen Objectivsysteme, namentlich der Eintauchsysteme von Amici und Hartnack für gerades Licht ist, so gibt es doch eine Grenze, über die wir bei der Unmöglichkeit einer weiteren Steigerung der Vergrösserungen nicht hinauskommen können. Dass aber bei viel stärkeren Vergrösserungen, als wir sie jetzt anzuwenden vermögen, noch manche, uns bis jetzt entgangene, feine Structurverhältnisse aufzuspüren seien, kann kaum einem Zweifel unterworfen sein. Und gerade in der Wirkung der aktinischen und der Betheiligung der stärker brechbaren Lichtstrahlen liegt ein Mittel, die Vergrösserungen mit wirklichem Vortheile für die Beobachtung in ausserordentlicher Weise zu steigern. Hätte man z. B. ein Object mittelst des Eintauchsystemes Nr. 9 von Hartnack aufgenommen, welches (ohne Ocular gebraucht) bei einer Entfernung von 350^{mm} des Objectes von der empfindlichen Glasplatte eine 250fache Vergrösserung gewährt, und nimmt hierauf das erste Negativ bei einer 20fachen, das zweite (was, um eine richtige positive Copie zu erhalten, nothwendig ist) bei einer nur 5fachen Vergrösserung auf, so erhält man eine lineare Gesammtvergrösserung von nicht weniger als 25000fach. Eine Grenze findet diese Steigerung der Vergrösserung nur in dem Sichtbarwerden des Silberniederschlages auf der zur ersten Aufnahme verwendeten Glasplatte, und kann die eben erwähnte hundertfache Steigerung der ersten Vergrösserung durch Verdünnung der photographischen Lösungen, sowie durch eine zweckentsprechende, eigenthümliche Behandlung jener Glasplatte noch ganz gut erreicht werden.

II. Aufbewahrung der mikroskopischen Präparate.

Nächst des Festhaltens der mikroskopischen Beobachtungen durch die Zeichnung ist die Aufbewahrung instructiver, für die Untersuchungsresultate beweisender Präparate für den Mikroskopiker von der höchsten Wichtigkeit. Dieselben dienen nicht allein dem Unterricht, indem sie ihn weit anschaulicher und leichter verständlich machen, sondern sie unterstützen auch die eigenen Arbeiten und bieten ein für die Wissenschaft reichlich förderndes Material, indem sie zu jeder Zeit eine Vergleichung und damit ein Zurückgehen von späteren auf frühere Beobachtungen gestatten.

Zu letzterem Zwecke sowohl als zu dem belehrender Demonstration kann man natürlich, wenn sich das Material nicht allzusehr anhäufen soll,

nur die gelungensten sowie die klar beweisendenPräparate aufbewahren. Zur Förderung und Unterstützung der eigenen Arbeiten über einen speciellen Gegenstand aber sollte man, solange als man mit derselben beschäftigt ist, von dem betreffenden Gegenstande Alles das aufbewahren, was von Wichtigkeit für die Schlussfolgerungen erscheint. Man wird daraus einen reichlichen Gewinn ziehen. Erstlich gewähren die so bewahrten Präparate eine wesentliche Unterstützung bei der Vollendung der Zeichnungen. Dann aber muss die wiederholte Durchmusterung die Beobachtung nicht allein festigen, sondern man wird auch häufig Gelegenheit haben, dieselbe in mancher Beziehung zu berichtigen, zu erweitern und Eins und das Andere aufzufinden, was einem vielleicht bei der ersten Untersuchung entgangen und worauf man erst durch den weiteren Verlauf hingewiesen worden ist. Die Aufbewahrung braucht für diesen Zweck kaum umständlich und zeitraubend zu sein. Man bringt die Präparate einfach in ein Uhrschälchen mit der passenden Zusatzflüssigkeit, oder legt sie in einen auf den Objectträger gebrachten Tropfen der letzteren und bedeckt mit einem nicht zu kleinen Deckgläschen. Sorgt man hierauf für Beschränkung der Verdunstung und gehörigen Schutz vor Staub, so kann man wochenlang alle seine ursprünglichen Präparate zur wiederholten Beobachtung zur Hand haben.

Diejenigen Präparate, welche den Inhalt einer geordneten und instructiven wissenschaftlichen Sammlung bilden sollen, verlangen allerdings mehr sorgfältige und vor Verderbniss schützende Aufbewahrungsmethoden. Diese letzteren sind aber in der neueren Zeit durch die vereinten Versuche und Bemühungen unserer tüchtigsten mikroskopischen Forscher so sehr ausgebildet worden, dass es durchaus keiner erheblichen Schwierigkeit mehr unterliegt, Präparate der verschiedensten Art, und von jeder, selbst der zartesten Beschaffenheit mit Sicherheit für lange Zeit zu erhalten.

Was diese Methoden betrifft, so hängen dieselben natürlich von Art und Beschaffenheit des Objectes ab. Im Allgemeinen bewahrt man die mikroskopischen Präparate entweder trocken oder umgeben von harzigen Substanzen oder wässerigen Flüssigkeiten auf, wonach sich denn auch der Verschluss zu richten hat.

1. Aufbewahrungsmethoden.

Trockene und von Wasser befreite Objecte.

Trockene Aufbewahrung. — Trocken, d. h. von Luft umgeben, lassen sich nur verhältnissmässig wenige Präparate aufbewahren. Dahin gehören von den eigentlich histiologischen Objecten die Knochen- und Zahnschliffe (Welcker), dünne Schichten von Blutserum und einzelnen Blutkörperchen (C. Schmidt), Horn, Fischschuppen und

Insektenschüppchen, endlich die Panzer von Infusorien und die Kieselschalen der Diatomeen, wenn es nur auf die Structur dieser selbst und nicht auf den Inhalt ankommt. Man bringt diese Gegenstände, wenn sie dünn genug sind, einfach auf den Objectträger, bedeckt sie mit einem Deckgläschen und umgibt dessen Rand mit einer verklebenden Masse, wozu dicke Gummilösung, dickflüssiger Canadabalsam, irgend ein Lack, Wachs und dergleichen gleich gute Dienste leisten. Besitzen die Präparate eine etwas stärkere Dicke, so legt man sie in eine kleine Zelle aus Papier, Lackrähmchen oder Streifen dünnen Glases, worüber weiter unten das Nähere angegeben werden wird, und verfährt dann wie oben.

Aufbewahrung in Canadabalsam u. s. w. — Fast ebenso einfach wie die trockene Aufbewahrung ist die hierzu unmittelbar geeigneter oder gehörig vorbereiteter Gegenstände in harzigen Substanzen, wozu namentlich Canadabalsam, Terpentin und Copallack gehören. Alle drei dienen gleichen Zwecken und werden ziemlich auf die gleiche Weise verwendet und behandelt. Am geeignetsten habe ich von ihnen jedoch den Canadabalsam gefunden, der zu unserem Behufe vollständig rein, schön durchsichtig, von weisser oder schwach hellgelber Farbe und ziemlich dickflüssig sein muss und den man je nach Umständen entweder in gewöhnlichem Zustande oder in Form einer Lösung in Aether oder Chloroform anwenden kann.

Der Canadabalsam sowie die ihm verwandten Substanzen eignen sich als Aufbewahrungsflüssigkeit nur für solche Gegenstände, welche entweder vollkommen trocken sind oder ein vorhergehendes Trocknen oder aber eine vorbereitende Behandlung mittelst Alkohols und flüchtiger Oele vertragen, und bei welchen die durch das Aufbewahrungsmittel hervorgerufene beträchtliche Aufhellung und Durchsichtigkeit nicht Undeutlichkeit herbeiführt. Von pflanzlichen Gegenständen kann man in demselben Schnitte und Schliffe harter Samenschalen und Fruchthüllen, Sporen und Pollenkörner, die Schalen der Diatomeen, sowie Präparate fossiler Hölzer etc. aufbewahren. Von thierischen Objecten vertragen ihn namentlich die Panzer von Insekten und Infusorien, Wurzelfüsslern und dergleichen, ferner die Schnitte und Schliffe von festen Theilen, wie von Zähnen, Knochen, Fischbein, Horn, Muschelschalen, ebenso manche Injectionspräparate, welche durch die erwähnten Vorbereitungsweisen nicht leiden. Ausserdem ist der Canadabalsam das geeignetste Aufbewahrungsmittel für kleine isolirte Krystalle, ebenso für alle solche Präparate, welche zur Untersuchung im polarisirten Lichte sowie zu photographischen Aufnahmen bestimmt sind.

Für diese Aufbewahrungsweise ist die Vorbereitung der betreffenden Objecte von erheblicher Wichtigkeit. Trockene Präparate, in deren Höhlungen die Luft nicht etwa erhalten werden soll, tränkt man vor dem Einlegen durch und durch mit einem flüchtigen Oele, welches, wenn es längere Zeit einwirkt, ähnlich wie der Alkohol, die erstere aus den Höhlungen der Zellen, Fasern etc. austreibt.

Man verwendet zu diesem Zwecke in der Regel Terpentinöl, es ist aber das vom Professor Rindfleisch empfohlene Nelkenöl vorzuziehen, weil sich der Canadabalsam besser mit demselben mischt. Solche Gegenstände, welche Wasser enthalten, befreit man von diesem entweder durch Trocknen oder durch Einlegen in absoluten Alkohol. Das Trocknen darf des Schrumpfens wegen nur nach und nach geschehen, und nimmt man dasselbe im Winter bei mässiger Wärme am Ofen, auf dem Wasserbade oder in dem früher beschriebenen Apparate, im Sommer an der Sonne oder, wo die Präparate hierdurch zu sehr schrumpfen würden, unter einer Glasglocke neben oder über einem Schälchen mit concentrirter Schwefelsäure vor. Nach dieser Operation überträgt man das trockene Präparat zuerst in absoluten Alkohol und dann unmittelbar in Nelkenöl oder auch, nachdem es wieder nahezu trocken geworden, in Terpentinöl.

Beim Einlegen bringt man zuerst einen Tropfen Canadabalsam auf den vorher sorgfältig, nöthigenfalls mit Weingeist gereinigten und etwas erwärmten Objectträger, legt das Präparat auf und gibt einen zweiten Balsamtropfen darüber. Hierauf bedeckt man sorgfältig, indem man das gut gereinigte, mittelst einer Pincette schiefgehaltene Deckglas von der hinteren Kante her allmälig in die horizontale Lage überführt und schliesslich mit dem Hefte einer Präparirnadel ganz langsam niederdrückt, so dass die etwa eingeschlossene Luft entweichen kann. Sollte dies dennoch nicht vollständig geschehen, so hilft ein rasches und nicht zu starkes Erwärmen über der Spirituslampe, oder noch sicherer ein längeres Erwärmen über ganz gelindem Ofenfeuer.

Da der Canadabalsam für die oben geschilderte Einschlussmethode am geeignetsten erscheint, wenn er ziemlich dickflüssig ist, so muss man ihn, damit er Tropfen bildet, etwas erwärmen.

Am besten geschieht dies in der Art, dass man eine kleine Menge desselben mittelst eines unten hakenförmig gebogenen Glasstäbchens aus der Flasche zieht und bis zum Flüssigwerden über die Spirituslampe hält. Dieses Glasstäbchen befestigt man zweckmässig der Art in dem Korke, welcher die weithalsige Flasche schliesst, dass man es höher und tiefer schieben und stets etwas in die Oberfläche des Balsams tauchend erhalten kann.

Zarte und wasserreiche Gewebe, welche in Canadabalsam eingeschlossen werden sollen, bedürfen einer etwas umständlicheren und möglichst sorgfältigen Vorbereitung. Man bringt zu dem Ende das betreffende Präparat, um ihm zunächst sein Wasser zu entziehen, für einige bis 24 Stunden in schwächeren, dann absoluten Alkohol und überträgt es von da in Nelkenöl, welches sich mit dem letzteren leicht mischt und so ein vorheriges Abtrocknen unnöthig macht. Nach kurzer Zeit ist das Object zum Einschluss in den Canadabalsam bereit, in welchen es wiederum unmittelbar aus dem flüchtigen Oele eingelegt werden kann, indem sich der erstere mit diesem in jedem Verhältnisse mischt. Beim Einschluss verfährt man in der oben geschilderten Weise.

Noch besser eignet sich für solche zarte Präparate die vom Professor Frey zuerst empfohlene Lösung des Balsams in Chloroform, der ich überhaupt, nachdem ich sie einmal in Gebrauch genommen, vor dem dickflüssigen Balsam den Vorzug für alle Objecte gebe, weil das ganze Verfahren ebenso bequem, als wenig umständlich und zeitraubend ist. Das Einlegen geschieht bei gewöhnlicher Temperatur, und zwar gibt man mittelst eines Glasstabes einen Tropfen der Lösung auf den Objectträger, legt das Präparat ein und lässt einen zweiten Tropfen Flüssigkeit nachfolgen, um dann vorsichtig das Deckglas aufzulegen. Man muss hier nur darauf achten, dass man nach einiger Zeit, wenn das Lösungsmittel verdunstet und Luft zwischen Deckglas und Objectträger tritt, die Lücke sorgfältig mittelst eines neuen Tropfens der Aufbewahrungsflüssigkeit ausfüllt.

Ein besonderer Verschluss ist bei dieser Aufbewahrungsmethode kaum nöthig, da der an den Rändern des Deckglases hervorquellende Balsam schon nach wenigen Tagen zu einem hinreichend festen Walle eintrocknet. Ich ziehe es indessen vor, die Ränder des Deckglases mit einem Saume von Lack zu umgeben, und möchte dies um so mehr geboten sein, wenn man statt Canadabalsams Terpentin oder Copallack verwendet, die beide nur langsam trocken und immer mehr oder weniger klebrig bleiben, was beim Reinigen des Präparates störend ist.

Feuchte Objecte.

Eine weit ausgedehntere Anwendung als die vorhergehende geniesst die Aufbewahrung der mikroskopischen Objecte in feuchtem Zustande, da nur bei dieser Methode dieselben sich in ihrem vollen natürlichen Verhalten zeigen. Als Aufbewahrungsflüssigkeiten werden hier theils wasseranziehende, theils leicht verdunstende angewendet. Von ersteren gebraucht man namentlich Glycerin und Chlorcalcium, von den anderen ist eine ziemlich grosse Menge von einfachen Flüssigkeiten sowohl als von Gemischen empfohlen worden, deren wir einzelne näher betrachten werden. Alle diese Flüssigkeiten verlangen einen sorgfältigen Verschluss, der bei den letzteren vollkommen luftdicht sein muss.

Verschlussmittel. — Als Verschlussmittel hat man verschiedene Lacke und Kitte in Vorschlag gebracht, die mehr oder minder gut ihren Zweck erfüllen, und unter denen man je nach Umständen eine Auswahl wird treffen müssen. Die Erfordernisse, welche hierbei zu leiten haben, sind zunächst hinreichende Zähigkeit der Masse, wodurch ein späteres Reissen oder Springen verhindert wird, dann die Eigenschaft, möglichst rasch und gleichmässig zu trocknen.

Zu den am häufigsten in Anwendung gebrachten Kitten gehören der, wenn ich nicht irre, zuerst vom Professor Welcker empfohlene Asphaltlack, der durch Professor Schacht bekannt gewordene Maskenlack und der erst in neuerer Zeit in Gebrauch gekommene Ziegler'sche Kitt.

Der **Asphaltlack** bildet eine Auflösung von Asphalt in Leinöl und Terpentin. Will man von demselben Gebrauch machen, so muss man sich vor Allem durch eigene Versuche davon überzeugt haben, dass er zwar leicht trocknet, aber dabei keine Risse und Sprünge bekommt. Auch hat man auf dessen Consistenz zu achten. Ein zu flüssiger Lack zieht sich während des Auftragens leicht zwischen die Deckglasränder, verdrängt einen Theil der Aufbewahrungsflüssigkeit, und verunreinigt so das Präparat, während ein zu steifer Lack sich nicht in hinreichend dünnen Schichten auftragen lässt. Hier kann man sich im ersteren Falle durch Offenstehenlassen des Gefässes, im anderen durch Verdünnen mittelst Terpentinöls helfen, das man, wenn zuviel zugesetzt wurde, an der Luft theilweise wieder verdunsten lässt. Für den letzten Lacküberzug empfiehlt H. v. Mohl, dem Asphaltlack etwas fetten Leinölfirniss zuzusetzen, was denselben geschmeidiger erhalten und weniger geneigt machen soll, beim Trocknen zu springen. Die Brauchbarkeit des Asphaltlackes wird sich je nach den verschiedenen im Handel vorkommenden Sorten als verschieden herausstellen, und so mag es kommen, dass ihm manche Mikroskopiker vor anderen Verschlussmitteln den Vorzug geben, während andere gar nichts von demselben wissen wollen. Ich selbst habe mehrere Sorten durchprobirt, bin aber von keiner einzigen befriedigt worden, indem der Verschluss nach längerer Zeit immer mehr oder minder schadhaft wurde.

Weit bessere Erfolge erzielte ich mittelst des **schwarzen Maskenlackes** Nr. 3, welchen man aus der Lackfabrik von Beseler in Berlin per Fläschchen von 4 Loth zu 5 Sgr. beziehen kann. Das Lösungsmittel dieses Lackes, dessen übrigen Bestandtheile mir nicht näher bekannt sind, besteht aus Spiritus; derselbe trocknet ziemlich leicht, und hat sich bei mir jetzt schon seit 5 Jahren gehalten, ohne dass der Verschluss der Präparate im Geringsten gelitten hätte. Der einzige Uebelstand, der ihm eigen ist, besteht darin, dass das Trocknen in etwas dickeren Lagen nicht gleichmässig erfolgt und die Oberfläche, obgleich sie anscheinend völlig trocken erscheint, noch einige Zeit klekrig bleibt. Er ist ursprünglich ziemlich dünnflüssig, weshalb man sich eine etwas consistentere Lösung durch theilweises Verdunsten des Lösungsmittels herstellen muss. Zu stark eingedickter Lack wird mittelst Alkohols dünnflüssiger gemacht.

Die beiden genannten Lacksorten bewahrt man am geeignetsten in etwas weithalsigen Gläsern und streicht sie mittelst eines Pinsels auf, den man durch den Kork geführt beständig in die Flüssigkeit tauchen lässt.

Der in neuerer Zeit mehrfach empfohlene **Ziegler'sche Kitt** stellt eine weisse dickliche Masse dar, welche durch einen passenden Zusatz von Terpentinöl bei mässiger Wärme leicht nach Wunsch verdünnt werden kann. Ich habe denselben noch wenig verwendet, und besitze daher keine maassgebende Erfahrungen über dessen Brauchbarkeit. Ein Umstand, der seine Anwendung indessen unrathsam macht, ist die Eigenschaft, dass er sehr langsam trocknet und Monate lang klebrig bleibt.

Ausserdem scheint er nicht ganz frei von dem Uebelstande des Reissens, denn ich habe längere Zeit bewahrte Präparate gesehen, deren Verschluss mehrfach durch feine Risse und Sprünge beschädigt war.

Aufbewahrung in Glycerin und Glyceringemischen. — Das Glycerin eignet sich für eine grosse Anzahl von pflanzlichen sowohl als thierischen Präparaten ausgezeichnet, indem es von allen gut angenommen wird. Dies ist namentlich der Fall, wenn sich die letzteren in einem etwas feuchten Zustande befinden, weshalb es zweckmässig ist, trockene Objecte vor dem Einlegen anzufeuchten. Das einzige Hinderniss, welches der allgemeinen Anwendung des Glycerins etwa entgegensteht, ist der Umstand, dass es die Objecte weit durchsichtiger macht als die weiter unten zu besprechenden Flüssigkeiten, in Folge dessen zarte Structurverhältnisse darin weniger deutlicher hervortreten, und dass die zarteren Gewebe durch Entziehung eines Theiles ihres Wassers immer mehr oder weniger schrumpfen. Dagegen hellt es vermöge der ersteren Eigenschaft weniger durchsichtige Gegenstände in wünschenswerther Weise auf, so dass diese ein schönes Bild gewähren. Ebenso erhalten sich in demselben manche Inhaltspartieen besser als in anderen Flüssigkeiten, so namentlich Chlorophyll und Stärkemehl, dessen Schichtung zwar anfangs verschwindet, aber schon nach dem Verlaufe von einem halben bis einem ganzen Tage wieder deutlich hervortritt, worauf auch Schacht in der neuesten Auflage seines Mikroskopes hingewiesen hat.

Verdünnt man das Glycerin mit Wasser und setzt ein paar Tropfen Essigsäure zu, so eignet es sich auch für zartere Präparate, indem es nun kein Schrumpfen mehr veranlasst, und an seiner aufhellenden Eigenschaft bedeutend verliert. Allein solche Präparate sind wegen Verdunstens des überschüssigen Wassers nach längerer oder kürzerer Zeit dem Verderben ausgesetzt, wenn man nicht einen absolut luftdichten Verschluss hergestellt hat.

Für die Aufbewahrung äusserst zarter Gegenstände der Histiologie, ebenso für die Aufbewahrung von Algen und ähnlichen Objecten, deren natürliches, frisches Aussehen man möglichst zu erhalten wünscht, in deren Inhalt also gar keine oder nur höchst unbedeutende Veränderungen stattfinden dürfen, bewährt sich die von Hantsch empfohlene Aufbewahrungsmethode (Reinike's Beiträge zur neueren Mikroskopie, 3. Heft, S. 37 u. f.) ausgezeichnet.

Man wendet hierbei eine Mischung von 3 Theilen reinem 90 procentigem Weingeist mit 2 Theilen Wasser und 1 Theil Glycerin an, die man in einem gut schliessenden Glase aufheben kann. Um die Einwirkung dieser Flüssigkeit für den Anfang soweit als möglich zu mässigen, bringt man das Object zuerst in einem Tropfen Wasser, dem man einen kleinen Tropfen der Mischung zugesetzt hat, auf den Objectträger. Hierauf legt man das Präparat an einen möglichst vor Staub geschützten Ort, an welchem Wasser und Weingeist ungehindert verdunsten können und lässt es solange ruhig, bis fast alle Flüssigkeit verdunstet ist. Nun bringt man einen zweiten Tropfen der Mischung hin-

zu, und setzt nach jedesmaliger Verdunstung von Wasser und Weingeist dies Verfahren solange fort, bis auf dem Objectträger soviel Glycerin zurückgeblieben ist, als das Präparat erfordert. Damit die gute Erhaltung des letzteren vollständig gesichert werde, ist es anzurathen, dasselbe, ehe man zum Verschluss schreitet, einige Tage liegen zu lassen, um sich zu überzeugen, dass in der Aufbewahrungsflüssigkeit keine verdunstbaren Bestandtheile mehr vorhanden sind.

Das concentrirte Glycerin verlangt zwar keinen luftdichten Verschluss, weil es nicht verdunstet, aber man darf denselben aus anderen Gründen nicht unterlassen. Einmal würden nämlich die betreffenden Präparate ohne Verschluss sehr unbequem aufzubewahren, und dann ohne Beschmutzung der Deckglasoberfläche nicht zu reinigen sein. Verdünntes Glycerin muss unbedingt hermetisch verschlossen werden.

Der Verschluss selbst erfordert grosse Vorsicht, weil er sonst wegen der den Kitt angreifenden Eigenschaft des Glycerins nicht wohl gelingt. Namentlich hat man dafür zu sorgen, dass der anzuwendende Lack oder Firniss niemals auf solche Stellen aufgetragen wird, die noch im geringsten mit Flüssigkeit befeuchtet sind. Man bringt deshalb nie mehr von derselben auf das Präparat, als durchaus nothwendig ist. Etwas zu wenig schadet nicht. Hat man indessen etwas zu viel Glycerin aufgegeben, so muss der Objectträger um den Rand des Deckglases absolut trocken gemacht werden. Man tupft zu dem Ende das überschüssige Glycerin mit zartem Fliesspapier möglichst vollständig auf und wäscht dann mit einem in Alkohol getauchten Pinsel um das Deckglas herum den Objectträger solange ab, bis er von der Benetzung ganz frei geworden ist.

Bei recht dünnen Objecten verfahre ich beim Verschlusse einfach derart, dass ich auf jedes der vier Ecken des Deckglases einen Tropfen einer etwas concentrirten Lösung des betreffenden Lackes gebe und das Präparat unter eine Glocke beiseite lege, bis der letztere soweit erhärtet ist, dass er das Deckglas festhält. Hierauf werden die Ränder des letzteren mittelst eines Pinsels derart mit dem Kitte verstrichen, dass dieser sowohl über jenes als über die Umgebung 2 bis 3 Millimeter übergreift und ein etwa 5 bis 6 Millimeter breiter Lackrand entsteht. Versäumt man das vorherige Antrocknenlassen der vier Lackstützchen, so kann leicht das Deckgläschen beim Aufstreichen des Lackes etwas verschoben werden, wodurch derselbe auf benetzte Stellen trifft und nicht haftet. Würde nun auch das Deckglas an den anderen Stellen festgehalten, so hat man doch zu gewärtigen, dass an solchen Orten, wo der Verschluss nicht dicht ist, bei dem geringsten Druck, während des Putzens u. s. w., Glycerin hervortritt und die Oberfläche des ersteren verunreinigt.

Objectträger wie Deckglas müssen (was in gleicher Weise für alle anderen Aufbewahrungsarten gilt) vor dem Auflegen immer auf das Sorgfältigste, wenn nöthig mittelst Weingeistes gereinigt werden, und hat man sich durch leichtes Anhauchen davon zu überzeugen, ob alle Stel-

len der Gläser die Feuchtigkeit gut annehmen, weil sonst immer Luftblasen zurückbleiben, die schwer oder gar nicht zu beseitigen sind.

Für etwas stärkere Präparate kann man auch verfahren, wie Hantsch angibt. Man bestreicht nämlich die Ränder des Deckglases, indem man es an der einen Ecke mittelst einer gut schliessenden Pincette festhält, an drei Seiten der aufzulegenden Fläche mittelst eines feinen Pinsels mit einer entsprechend dicken, schmalen Lage von Lack, und legt es unter plötzlichem Oeffnen der Pincette vorsichtig auf. Das Glycerin zieht sich dann, namentlich wenn man einen gelinden Druck anwendet, über die ganze untere Fläche des Deckglases hin, ohne Luftblasen zurückzulassen, und der Ueberschuss tritt an der offenen Stelle heraus. Ist die Procedur soweit nach Wunsch gelungen, so reinigt man den Objectträger in der vorhin beschriebenen Weise und schliesst, nachdem die drei stützenden Lackrändchen getrocknet sind, vollständig, indem man die Ränder des Deckglases mit einem 2 bis 3 Millimeter übergreifenden dünnen Lackrande versieht. Noch etwas bequemer ausführbar ist die von Schacht empfohlene, bei dem Einschluss in Chlorcalcium näher zu besprechende Anwendung von zwei parallelen Lackstreifen auf dem Objectträger, bei der man es in seiner Gewalt hat, die Dicke der Streifen der Dicke des Objectes genau anzupassen.

Ist der Lackrahmen des ersten Verschlusses vollkommen trocken, so streicht man zum zweiten, und wenn es nöthig wird noch zum dritten Mal eine neue Schicht eines etwas verdünnten Lackes auf, welche jedesmal über den Rand der vorhergehenden etwas übergreift, wodurch die Haltbarkeit des Verschlusses ungemein gefördert wird.

Ausser in den oben beschriebenen Weisen wird das Glycerin auch noch als Bestandtheil von solchen Gemischen verwendet, welche nach und nach erstarren. Eine derartige Mischung besteht aus gleichen Theilen von arabischem Gummi, Glycerin und gesättigter, wässeriger Lösung von arseniger Säure.

Eine andere glycerinhaltige Mischung hat Schacht in der neuesten Auflage seines Mikroskopes empfohlen. Dieselbe soll sich namentlich für sehr kleine Körperchen eignen, die später ihren Ort in der Aufbewahrungsflüssigkeit verändern könnten. Es besteht dieselbe aus 1 Theil Gelatine, 3 Theilen Wasser und 4 Theilen Glycerin. Vor der Anwendung muss man diese Mischung, da sie erstarrt, im heissen Wasser erwärmen, um sie wieder in den flüssigen Zustand überzuführen. Ich habe die Mischung auch für andere Objecte versucht, welche sich in Glycerin aufbewahren lassen, weil sie einen leichten Verschluss gestattet, und deshalb dem reinen Glycerin für manche Fälle vorzuziehen sein möchte. Bis jetzt haben sich die Präparate darin gut erhalten und dürften wohl Versuche damit zu empfehlen sein. Holzschnitte, die ich so aufbewahrte, liefern wenigstens ein recht schönes Bild und haben nicht im Geringsten gelitten. Der Verschluss, obwohl nicht unumgänglich nothwendig, geschieht mittelst einer einzigen Lage von consistentem Lack.

Aufbewahrung in Chlorcalcium. — Die Chlorcalciumlösung, 1 Theil chemisch reines, wasserfreies Chlorcalcium auf 3 Theile destillirtes Wasser, hat mit Recht in der neuesten Zeit, namentlich bei den Pflanzenhistiologen, eine sehr weite Verbreitung als Aufbewahrungsflüssigkeit gefunden, da sie sich für alle solche, sowohl härtere, als zartere Objecte eignet, welche keiner bedeutenden Aufhellung bedürfen, und deren Inhalt durch dieselbe nicht zu stark leidet. Für Präparate, in denen man die natürliche Farbe des Chlorophylls oder anderer Pflanzenfarbstoffe zu erhalten wünscht, ist diese Flüssigkeit dagegen durchaus nicht geeignet. Ebensowenig passt sie zur Aufbewahrung solcher Objecte, in denen das Stärkemehl als Inhalt der Zellen erscheint, und sobald es darauf ankommt, dessen Structur zu erhalten, denn schon nach wenigen Tagen quellen die Stärkekörner auf, verlieren mehr und mehr ihre Schichtung und werden zu einem formlosen Kleister. Auch die Eiweisskörper erleiden gewisse Störungen durch diese Lösung, indem sie coaguliren und sich von den Wänden der Zellen und Gefässe zurückziehen. Dieser Umstand kann selbst da, wo an der Erhaltung des Inhaltes in seiner ursprünglichen Form nichts gelegen ist, auf das Präparat nachtheilig einwirken, da das ganze Bild dadurch getrübt wird. Solchen Nachtheilen entgeht man indessen, wenn man das Chlorcalcium in verdünntem Zustande anwendet und ein ähnliches, wie das weiter oben bei der Hantsch'schen Mischung besprochene Verfahren einschlägt, d. h. zuerst mit stark verdünnten Lösungen beginnt, und erst nach und nach zu stärkeren aber immer noch verdünnten Lösungen übergeht. So behandelt halten sich auch sehr zarte Präparate aus der Entwickelungsgeschichte der Pflanzenhistiologie, eben so zarte thierische Gegenstände recht gut.

Manchmal erleidet die Chlorcalciumlösung eine Trübung, indem salzsaurer Kalk auskrystallisirt und das Präparat verdirbt. Es hat namentlich Schacht darauf hingewiesen, und ist mir selbst diese Erscheinung bei verschiedenen, doch nicht bei allen Lösungen vorgekommen. Man entgeht diesem Uebelstande, wenn man dem Chlorcalcium einige Tropfen chemisch reiner Salzsäure zusetzt, und so die Lösung wenig ansäuert.

Obwohl das Chlorcalcium sehr hygroskopisch ist, verdunstet doch immer etwas von dem Wasser, namentlich der verdünnteren Lösungen, so dass es für alle Fälle gerathen erscheint, den Verschluss der Präparate möglichst luftdicht herzustellen.

Bei recht dünnen Schnitten solcher Gewebe, denen ein durch das Trocknen des Kittes hervorgerufener Druck keinen Schaden zufügt, ist das Verfahren des Einlegens höchst einfach.

Gehörige Reinheit von Objectträger und Deckglas vorausgesetzt, bringt man das Object in einem Tropfen reinen Wassers auf den ersteren, nimmt das letztere mit einem Pinsel fast sämmtlich von dem Präparate auf, ohne dieses selbst zu berühren oder zu verrücken, und gibt eine hinreichende Menge des Chlorcalciums mittelst eines Glasstabes, oder noch besser mittelst eines etwas ausgezogenen gleichsam

einen Miniaturstechheber vorstellenden Glasröhrchens zu. Schliesslich legt man das vorher angehauchte Deckglas langsam auf. Die Flüssigkeit wird dann den Raum zwischen diesem letztern und dem Objectträger vollständig ausfüllen, ohne dass Luft zurückgelassen wird. Sollten indessen einige Luftbläschen geblieben sein, so lassen sich diese leicht entfernen, wenn man mit dem Hefte einer Präparirnadel schwach auf das Deckgläschen klopft und sie so allmälig nach dem Rande hin- und austreibt.

Ehe man zum Verschluss schreitet, hat man vor allen Dingen dafür Sorge zu tragen, dass um den Rand des Deckglases der Objectträger von aller etwa überfliessenden Chlorcalciumlösung befreit und gehörig getrocknet wird, weil sonst der Kitt nicht greift. So gar ängstlich, wie bei Glycerinpräparaten braucht man indessen hier nicht zu sein, da z. B. der Maskenlack auch recht gut auf noch etwas feuchten Stellen haftet.

Der Verschluss kann einfach durch Auftragen eines etwas breiten Lackrandes bewirkt werden. Man kann aber auch so verfahren, wie ich oben bei den Glycerinpräparaten angegeben habe, d. h. man gibt auf die vier Ecken des Deckglases auf den Objectträger übergreifende Tropfen von Lack, lässt diese einige Stunden trocknen, und verschliesst dann sämmtliche Ränder durch mehrmalige Lacküberzüge. Sollte während des Trocknens der zum vorläufigen Festhalten des Deckglases dienenden Lacktropfen etwas von der Flüssigkeit verdunsten, so lässt sich der Verlust durch einen neuen Tropfen ersetzen, den man mittelst eines feinen ausgezogenen Glasstäbchens an den Rand des Deckglases bringt. Man muss dabei nur die Vorsicht beobachten, dass man die neue Flüssigkeit von der Seite des leeren Raumes, d. h. von den noch benetzten Stellen des Zwischenraumes an einziehen lässt, und diese nicht dicht vor jenen bringt, weil sonst leicht der vordere Theil des leeren Raumes ganz ausgefüllt wird und dahinter ein lufterfüllter Raum bleibt.

Ich habe auf diese einfache und wenig zeitraubende Weise eine grosse Zahl äusserst zarter, Pflanzenschnitte aufbewahrt, deren Verschluss sofort nach Wunsch gelang, und sich seit Jahren ausgezeichnet erhalten hat. Es kommt dabei nur darauf an, dass man einen weder zu flüssigen noch zu dicklichen Lack anwendet, und den Rahmen mit sicherer Hand und rasch ausführt, ohne dass das Deckglas eine Verschiebung erleidet.

Wo man es mit etwas dickeren oder solchen Präparaten zu thun hat, welche keinen Druck vertragen, da erleidet das Verschlussverfahren einige Abänderungen, die sich indessen auch für dünnere Schnitte ebensogut anwenden lassen, und dem weniger Geübten den Verschluss erleichtern.

Das von Professor Welcker für derartige Präparate empfohlene Verfahren, den Saum des Deckglases mit einem Wachsrande zu umgeben, ehe man zum Lackverschlusse schreitet, gewährt sehr befriedigende Re-

sultate, wenn während der Ausführung dieses ersten mit der gehörigen Vorsicht zu Werke gegangen und keine Störung in der Lage des Deckglases hervorgerufen worden ist, so dass das Wachs überall auf von Chlorcalcium freie, trockne Stellen des Objectträgers trifft. Dieses letztere ist aber oftmals gerade sehr schwer zu erreichen, indem man beim Aufbringen des Wachsrandes leicht das Deckglas etwas aus seiner Lage rücken kann. Welcker stellt den Wachsrand einfach mittelst einer kleinen Wachskerze her, deren Docht meisselförmig zugeschnitten und über der Weingeistlampe soweit erwärmt worden ist, dass das Wachs gerade anfängt zu fliessen, ohne dass der Docht selbst gebräunt worden ist. Ich habe die von H. v. Mohl empfohlene Vorrichtung bequemer und zweckmässiger gefunden, da mittelst derselben der Wachsverschluss weit gleichmässiger und mit grösserer Sicherheit hergestellt werden kann. Dieselbe besteht aus einer kleinen Messingröhre von etwa 3 bis 4″ Länge und 1/2″ Weite, an die vorn ein in eine ziemlich feine Spitze endigender hohler Kegel angelöthet ist, während der hintere Theil einen Holzstiel aufnimmt. Wird in das Rohr Wachs gebracht, und dasselbe über der Spirituslampe erwärmt, so fliesst letzteres aus der feinen Oeffnung in geringer Menge und sehr gleichmässig aus, während man mit der Spitze den Rand des Deckglases umfährt. Die Hauptsache bei diesem ersten Verschlusse ist, dass der Wachsrand nicht zu dick wird, weil er sonst den weiteren Verschluss mittelst des Lackes hindert. Der möglichst flache Wachsrand darf, wenn er als ganz gelungen zu betrachten sein soll, nur etwa 2^{mm} breit sein und etwa 1^{mm} über den Deckglasrand übergreifen. Beim Verstreichen mit Lack, was niemals unterlassen werden darf, muss darauf geachtet werden, dass dieser etwas über die Wachsränder übergreift, weil anderenfalls der Verschluss nicht fest genug haften würde. Die späteren Lackschichten werden ganz so behandelt wie oben angegeben.

So empfehlenswerth auch dieses Verfahren im Ganzen ist und so befriedigende Resultate man durch dasselbe erhält, so laborirt es doch an einer gewissen Umständlichkeit und Unbequemlichkeit, welche Manchem die Ersetzung durch eine andere Verfahrungsweise wünschenswerth machen dürften. Ich selbst habe es längere Zeit befolgt, bin aber aus den genannten Gründen schliesslich zu einem rascheren und bequemeren Verfahren übergegangen, welches ich zuerst bei Professor Schacht gesehen, und welches dieser auch in der neuesten Auflage seines „Mikroskopes“ näher beschrieben hat.

Dieses Verfahren, wobei zum Schutze des Präparates gegen Druck auf dem sorgfältig gereinigten Objectträger Streifen des zur Verkittung dienenden Lackes angebracht werden, auf denen das Deckglas ruht, bietet nach meinen langjährigen Erfahrungen hinreichende Sicherheit für einen untadelhaften Verschluss und ist höchst einfach und bequem, so dass es sich für weitere Kreise empfehlen dürfte.

Schacht zieht zwei etwa 2‴ breite parallele Lackstreifen, deren

Entfernung sich nach den Dimensionen des Deckglases richtet und immer etwas kleiner sein muss, als dessen Seitenlänge. Ich ziehe in der Regel drei Lackstreifen, welche ein nach der vierten Seite offenes Quadrat bilden, und bei denen sich der freie Raum auf dem Objectträger nach der Grösse des Deckglases richtet, dessen Ränder etwas über die Streifen übergreifen müssen. Die Dicke der Streifen hat sich natürlich nach dem einzulegenden Objecte zu richten. Für dünnere Schnitte genügt meistens ein einmaliges Auftragen des Lackes, während dickere Präparate eine öftere Wiederholung dieser Operation verlangen, nachdem vorher die frühere Lage fast getrocknet war.

Sind die Streifen sauber ausgeführt, so lässt man sie soweit eintrocknen, dass der Lack zwar nicht mehr zu weich ist und fliesst, doch aber einem leichten Druck auf das Deckglas nachgibt und gut an diesem klebt.

Auf den so hergerichteten Objectträger bringt man in den freien Raum zwischen den Streifen eine hinreichende Menge der Chlorcalciumlösung und in diese das Präparat. Das Deckglas legt man mittelst einer Pincette vorsichtig derart auf, dass man es, mit seinem hintern Rande auf der der offenen Seite des Rahmens gegenüberliegenden Seite dieses letztern ruhend, langsam niedersinken lässt. So zieht sich die Flüssigkeit gleichmässig unter dem Deckglase hin, und es wird nur selten vorkommen, dass Luftblasen zurückbleiben. Der etwa vorhandene Ueberschuss der Lösung tritt an der offenen Seite heraus, und kann mittelst weichen Fliesspapieres oder eines etwas breitgedrückten Pinsels entfernt werden. Ebenso kann man auf die oben erwähnte Weise Flüssigkeit nachgeben, wenn diese in zu geringer Menge vorhanden war, so dass der Zwischenraum zwischen Objectträger und Deckglas nicht vollkommen ausgefüllt wurde. Der vollständige Verschluss wird sofort nach der Befreiung des Objectträgers von aller Feuchtigkeit in der Art vorgenommen, dass man zuerst die offene Seite des Quadrates und dann die übrigen mittelst dickeren Lackes verstreicht. Nach Verlauf von einem halben Tage ist der letztere soweit trocken geworden, dass man mittelst wiederholten Auftragens einer zweiten und dritten Schicht des dünneren Lackes den Verschluss in der oben geschilderten Weise vollenden kann.

Statt der Chlorcalciumlösung ist in der neueren Zeit von Dr. Sanio (Bot. Zeitung. 1863, Nr. 47, Seite 359) für Pflanzenpräparate, namentlich für sehr zarte Objecte der vegetabilischen Entwickelungsgeschichte, eine gesättigte Lösung des durch seine wasseranziehenden Kraft ausgezeichneten essigsauren Kalis empfohlen worden. Man verwendet hierzu am zweckmässigsten die officinelle Lösung und lässt davon unter Luftzutritt soviel Wasser abdunsten, dass sie gerade gesättigt ist. Ich habe diese Aufbewahrungsflüssigkeit mehrfach angewendet und kann die Angaben Sanios bestätigen. Vorzugsweise schön finde ich darin bewahrte Theilungszustände von Ulothrix zonata. Die Fäden sind nach Monaten noch so gut erhalten, als ob sie frisch eingelegt seien;

es ist darin weder eine Schrumpfung der Zelle noch eine merkliche Veränderung der Farbe des Chlorophylls wahrzunehmen. Für manche solcher vegetabilischer Präparate, in denen man das Chlorophyll zu bewahren und in dem Inhalt die möglich geringste Störung hervorgerufen wünscht, dürfte sich das essigsaure Kali ganz besonders empfehlen; es wird aber ebenso gut auch für alle anderen Objecte der Pflanzenhistiologie verwendet werden können. Ueber sein Verhalten den thierischen Geweben gegenüber für gewisse Objecte habe ich bis jetzt noch keine Erfahrungen gemacht, glaube aber zuversichtlich, dass es auch hier recht gute Dienste leisten wird, und möchte es daher zu entsprechenden Versuchen empfehlen.

Von den verdunstenden wässerigen Aufbewahrungsflüssigkeiten sind theils einfache Lösungen von Zucker, Kreosot und Salzen, verdünnte Essigsäure, verdünnter Alkohol und dergleichen, sowie mehrere Mischungen im Gebrauche.

Aufbewahrung in einfachen verdunstenden Flüssigkeiten. — Die Zuckerlösung, welche zuerst von Professor Schleiden und dann auch von Schacht empfohlen worden ist, bereitet man sich aus 1 Theil Syrupus simplex auf 2 Theile Wasser, denen man, um Gährung zu verhindern, etwas Sublimatlösung zufügt. Sie eignet sich für alle sehr zarten Präparate, indem sich dieselben, abgesehen von einer geringen Aufhellung, darin fast unverändert erhalten. Für diese Lösung dürfte indessen in dem essigsauren Kali ein um so willkommenerer Ersatz gefunden sein, als bei dem letzteren der Verschluss weit sicherer und ein Verdunsten nicht zu fürchten ist.

Die Kreosotlösung erhält man durch Vermischen einer filtrirten gesättigten Kreosotlösung mit gleichen Theilen 32 gradigen Weingeistes und 20 Theilen destillirten Wassers. Es eignet sich dieselbe nach Harting namentlich für manche thierische Präparate, z. B. von Muskeln, Bindegewebe, Sehnen, Knorpel, für Durchschnitte von Knochen und Zähnen, für die Fasern der Krystalllinse u. s. w.

Für diese Objecte kann man indessen statt der Kreosotlösung eine Lösung von arseniger Säure benutzen, in der sich auch solche Gewebe aufbewahren lassen, welche das Kreosot nicht vertragen. Man bereitet sich diese Flüssigkeit nach Harting, indem man einen Ueberschuss arseniger Säure mit Wasser kocht, nach der Abkühlung filtrirt und das Filtrat mit der dreifachen Menge Wassers verdünnt.

Verdünnte Kochsalzlösung von 1 Theil Salz auf 200 Theile Wasser wurde von manchen Beobachtern zur Aufbewahrung zelliger thierischer Gewebe empfohlen.

Eine Lösung von kohlensaurem Kali in 200 bis 500 Theilen destillirtem Wasser wird von Harting als ausgezeichnete Aufbewahrungsflüssigkeit für die Nervenprimitivröhren empfohlen, und soll sich auch gut für andere faserige Gewebe eignen, bei denen eine Aufhellung nicht schadet oder gar erwünscht ist.

Die Lösung von doppelt chromsaurem Kali eignet sich in mässiger Verdünnung recht gut zur Aufbewahrung mancher thierischer Präparate. Vor allem aber dürfte sie für solche Präparate aus der vegetabilischen Gewebelehre geeignet sein, in denen man die Vertheilung der Gerbstoffe zur Anschauung bringen will, und die man vorher schon mit einer concentrirteren Lösung des Salzes behandelt hatte. Auch das Stärkemehl erhält sich ganz schön darin, und es tritt seine Schichtung sehr deutlich hervor.

Stark verdünnte Lösungen von Sublimat sind von Harting als Aufbewahrungsflüssigkeit sowohl für vegetabilische als thierische Präparate empfohlen worden, und bewähren sich auch in mancher Hinsicht recht gut, namentlich wenn man den von Harting gegebenen Rath befolgt und erst durch Versuche denjenigen Concentrationsgrad ermittelt, welchen ein bestimmtes Object am besten verträgt.

Harting hebt namentlich die Brauchbarkeit dieser Lösungen für die Aufbewahrung von Blutkörperchen hervor und empfiehlt für das Blut des Menschen und der Säugethiere eine Lösung von 1 : 200, für das der Vögel von 1 : 300, für jenes des Frosches von 1 : 400. Ausser für das Blut eignet sich Sublimat nur noch für Präparate von Knorpel, Muskeln und der Krystalllinse.

Was die Anwendbarkeit für Pflanzenpräparate betrifft, so kann ich die Angaben von Harting nicht bestätigen. Das Stärkemehl erhält sich wohl darin, das Chlorophyll aber verblasst, und selbst bei Lösungen von 1 : 600, wie ich sie angewendet habe, treten hier und da in den zarten Algenzellen ziemlich bedeutende Schrumpfungen ein. Dagegen eignen sich solche verdünnte Lösungen sehr gut für Präparate, in denen man die Kerne nebst den von ihnen ausstrahlenden Protoplasmaströmchen zur Anschauung bringen will, die darin bedeutend dunkler werden.

Verdünnte Essigsäure dürfte sich vor allen da empfehlen, wo man das Hervortreten mancher Elementartheile, z. B. der Zellkerne, der Nervenröhren, bewirken oder gewisse, mittelst derselben aufgehellte Structurverhältnisse in diesem Zustande erhalten will.

Alkohol in einer 5- bis 8maligen Verdünnung mit Wasser findet nur für einzelne Präparate der thierischen Gewebelehre Anwendung, die man von in demselben Mittel bewahrten Körpertheilen u. s. w. gewonnen hat und welche dann bestimmte Structuren zeigen. Derartig aufgelegte Präparate sind am allerschwersten luftdicht zu verschliessen, weshalb man den Alkohol als Aufbewahrungsflüssigkeit schon aus diesem Grunde so viel als thunlich umgehen wird.

Alle die zuletzt genannten Lösungen haben das mit einander und mit den folgenden gemein, dass sie, um vor dem Eintrocknen geschützt zu werden und die ursprüngliche Zusammensetzung der complicirteren Gemische zu bewahren, einen vollkommen luftdichten Verschluss verlangen. Als recht geeignet hierfür habe ich den Oschatz'schen Kitt aus Bleiweiss und Copalfirniss gefunden, der, wenn er zu stark eingetrocknet

ist, mittelst Copals wieder auf den gehörigen Consistenzgrad gebracht werden kann. Man erreicht indessen seinen Zweck auch ganz gut mittelst Anwendung der oben genannten Verschlussmittel, wenn man nur mit der gehörigen Vorsicht verfährt und namentlich die Lackstreifen nicht zu stark eintrocknen lässt, so dass das Deckglas etwas in dieselben eindrückt, und wenn man die offene Seite mit einem etwas consistenten Lack verschliesst. Dabei hilft ein kleiner Kunstgriff nicht wenig. Man gibt nämlich nur soviel Aufbewahrungsflüssigkeit zu dem Präparate, dass dieselbe den Innenraum nach dem Auflegen des Deckglases nicht ganz ausfüllt und nach der offenen Seite hin ein schmaler Streifen zwischen Objectträger und Deckglas trocken bleibt, was mittelst einiger Vorsicht leicht erreicht wird. Nun streicht man den Lack etwas scharf in die Kante. Es füllt dann ein Theil desselben den frei gebliebenen Raum aus, und man erzielt, nachdem man den Lackrahmen noch 2 bis 3 Mal erneuert hat, einen vollkommen dichten Verschluss.

Ich bewahre derart mittelst des Maskenlackes verschlossene Präparate, welche in sehr verdünnter Sublimatlösung liegen, nun schon seit 2 Jahren auf, ohne dass der geringste Fehler im Verschluss bemerkbar wäre.

Hier dürfte sich auch die Welcker'sche Verschlussmethode mittelst Wachses als vorzugsweise geeignet empfehlen und würde die Sicherheit des Verschlusses die darauf verwendete Zeit und Mühe reichlich lohnen.

Aufbewahrung in zusammengesetzten verdunstenden Mischungen. — Von zusammengesetzteren Mischungen sind in der letzten Zeit eine ganze Menge empfohlen worden, deren Werth zum Theil ein illusorischer ist, indem sie ohne Schaden für das Präparat durch eine oder die andere der erwähnten einfacheren Flüssigkeiten vertreten werden können. Ich werde mich daher auch auf einige wenige der für gewisse Objecte besonders geeigneten und erprobten beschränken.

Zunächst verdienen die sogenannten Pacini'schen Gemische Beachtung, welche Abänderungen des „Liqueur conservatoire" darstellen, der sich als Aufbewahrungsflüssigkeit für durchsichtige Präparate als ziemlich unbrauchbar erwiesen hat. Pacini hat zwei verschiedene Mischungen empfohlen. Die erste derselben soll sich namentlich für alle zarte proteïnhaltige Gewebe, für Blutkörperchen, Nerven, Ganglien, Krebszellen, Retinapräparate u. s. w. eignen. Sie besteht aus 1 Theil Sublimat, 2 Theilen Kochsalz, 13 Theilen Glycerin (von 25^0 Beaumé) und 113 Theilen destillirtem Wasser. Vor dem Gebrauche wird das Gemisch wenigstens 2 Monate stehen gelassen, dann 1 Theil davon mit 3 Theilen destillirten Wassers verdünnt und filtrirt. Die andere Mischung, welche aus 1 Theil Sublimat, 2 Theilen Essigsäure, 43 Theilen Glycerin und 215 Theilen destillirtem Wasser besteht, und ähnlich behandelt wird wie die erste, zeichnet sich namentlich dadurch aus, dass sie die farbigen Blutkörperchen zerstört, während die farblosen unversehrt erhalten bleiben.

Einige Abänderungen dieser Gemische, welche ich dem Werke von Frey entnehme, werden in dem physiologischen Institute zu Berlin für verschiedene Gewebe in Anwendung gebracht und dürften zu weiteren Versuchen umsomehr zu empfehlen sein, als sie sich leicht herstellen lassen.

So dient z. B. eine Mischung von 1 Theil Sublimat, 2 Theilen Kochsalz und 100 Theilen Wasser zur Aufbewahrung gefässreicher Gewebe der warmblütigen, eine solche von 1 Theil Sublimat, 2 Theilen Kochsalz und 200 Theilen Wasser für jene der kaltblütigen Thiere, ein Gemisch von 1 Theil Sublimat, 1 Theil Kochsalz und 300 Theilen Wasser für Eiterkörperchen und verwandte Gebilde, von 1 Theil Sublimat und 300 Theilen Wasser für Blutkörperchen, von 1 Theil Sublimat, 1 Theil Essigsäure und 300 Theilen Wasser für Epithelialzellen, Bindegewebe und Eiterzellen, in denen die Kerne hervortreten sollen, von 1 Theil Sublimat, 3 Theilen Essigsäure und 300 Theilen Wasser für Bindegewebe, Muskeln und Nerven, von 1 Theil Sublimat, 5 Theilen Essigsäure und 300 Theilen Wasser für Drüsen, von 1 Theil Sublimat, 1 Theil Phosphorsäure und 30 Theilen Wasser für Knorpelgewebe.

Aufbewahrung in Wasserglas. — Das neuerdings von Professor Welcker als Aufbewahrungsflüssigkeit empfohlene Wasserglas, mittelst dessen der genannte Forscher, wie ich mich in der neuesten Zeit überzeugt habe, ganz schöne Resultate erzielte, habe ich vielfach und in den verschiedensten Qualitäten versucht. Es hat sich indessen nicht ein einziges Präparat darin erhalten, womit auch die Erfahrungen von H. v. Mohl und von Schacht übereinstimmen. In der ersten Zeit nach dem Einlegen erweckten derartige Präparate allerdings Hoffnungen, aber schon nach wenigen Wochen erschienen dieselben durch auskrystallisirtes Salz sowie eine Menge von Hohlräumen (Luftblasen) vollständig verdorben. Was übrigens die Leichtigkeit der Behandlung betrifft, so kann die oben erwähnte Mischung aus Glycerin, Gelatine und Wasser oder eine solche aus Glycerin, arabischem Gummi und Wasser, aus ersterem und Chlorcalcium dem Wasserglase geradezu an die Seite gesetzt werden und liefert jedenfalls günstigere Resultate.

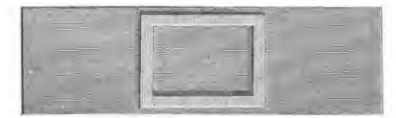
Aufbewahrung voluminöser Präparate. — In der Regel wird man mit den geschilderten Verfahrungsweisen für die Aufbewahrung histiologischer Objecte ausreichen. Für einzelne Fälle jedoch, namentlich für Injectionspräparate sowie manche andere Objecte aus der thierischen Gewebelehre und Entwickelungsgeschichte, für morphologische Präparate des Pflanzenreiches, für durchsichtige niedere Thiere und Pflanzen, die ganz oder in gewissen Theilen aufbewahrt werden sollen, und die eine ziemlich bedeutende Dicke besitzen, verlangt das Verfahren eine entsprechende Abänderung. Man reicht hier mit dem einfachen Objectträger, Deckglas und Kitt nicht mehr aus. Es muss ein mehr oder minder tiefer Hohlraum auf dem ersteren hergestellt werden,

welcher das betreffende Object sammt der es umspülenden Flüssigkeit aufnimmt. Diese Hohlräume sind unter dem Namen der Zellen bekannt und mancherlei Vorschriften zu deren Anfertigung im Umlaufe. So hat man Zellen aus Guttapercha, Kautschuk, Stanniol, Glas und verschiedenen dickflüssigen Kittmassen. Zu Kautschuk- und Guttaperchazellen kann ich kein grosses Vertrauen fassen, ausserdem ist die ganze Manipulation zu ihrer Herstellung mit allerlei Umständlichkeiten verknüpft, so dass ich dieselben nicht zu empfehlen vermag und mich daher auf deren Anfertigung auch nicht weiter einlasse. Ich ziehe, wo es irgend geht, die aus dem auch zum Verschlusse dienenden Kitte oder Lack verfertigten Zellen vor, greife aber da, wo diese nicht ausreichen, zu Glaszellen, die ich mir entweder auf die weiter unten beschriebene Weise herstelle oder fertig beziehe.

Die aus Kitt oder Lack angefertigten Zellen sind überall da anwendbar, wo die Dicke des aufzubewahrenden Präparates keine sehr bedeutende, etwa in der Grenze zwischen $^1/_2$ bis 1^{mm} sich bewegende ist. Man verfährt bei deren Herstellung ebenso, wie es oben von den Lackstreifen beschrieben wurde, und gibt ihnen die passende Höhe durch mehrfaches Auftragen. Höhe und Form müssen sich natürlich nach dem aufzubewahrenden Objecte richten und kann die letztere je nach Umständen ein Quadrat oder ein Rechteck bilden, wobei der Lackwall etwa die Breite von 5 bis 6 Millimetern erhält. Diese Zellen fertigt man sich am besten jedesmal beim Bedarf an und lässt den Lack oder Kitt gerade soweit trocken werden, dass er dem Druck des Deckglases noch nachgibt und so eine vollständig ebene Unterlage dieses letzteren bildet. Will man sich Zellen vorräthig anfertigen, so ebnet man den Rahmen dadurch, dass man ihn in dem oben erwähnten Stadium des Trocknens auf eine Glasplatte aufdrückt, wobei man ausserdem erreicht, dass derselbe auf allen Seiten von gleicher Höhe wird, was bei trockenen Zellen nicht ohne Einfluss auf einen vollkommen dichten Verschluss ist.

Hat man dickere Objecte aufzubewahren, so greift man zu den aus Glas aufgebauten Zellen. Am billigsten und einfachsten stellt man sich dieselben eigenhändig her. Man lässt sich nämlich 3 bis 4^{mm} breite Glasstreifen aus Spiegelglas schneiden, von denen die einen eine Länge von etwa 20 bis 25^{mm}, die anderen von 12 bis 16^{mm} haben und baut daraus seine Zellen in rechteckiger oder quadratischer Form auf, indem man die Glasstreifen entweder mittelst Canadabalsams oder des zum Verschlusse dienenden Lackes auf dem Objectträger festkittet (Fig. 236).

Fig. 236.



Die fertig bezogenen Glaszellen wählt man wegen der Form der Deckgläschen am besten von rechteckiger oder quadratischer Form mit rundem oder länglichrundem Aus-

schnitt (Fig. 237 u. 238), und befestigt dieselben in angegebener Weise auf dem Objectträger.

Fig. 237.

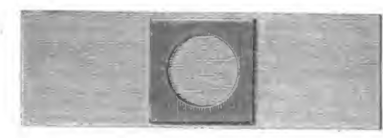
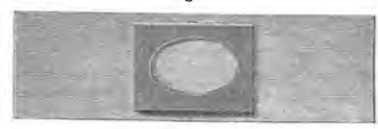


Fig. 238.



Beim Aufbringen der Präparate hat man hier mit besonderer Vorsicht zu verfahren, um einen dichten und vollkommen haltbaren Verschluss zu erreichen.

Zunächst ist die Grösse des Deckglases so zu wählen, dass dasselbe den Innenrand des Zellwalles um mindestens 1 bis $1^1/_2{}^{mm}$ überragt, von dem Aussenrand aber ebensoweit zurückbleibt. Dann hat man darauf zu achten, dass der innere Raum der Zelle vollständig mit Flüssigkeit erfüllt wird und durchaus keine Luft zurückbleibt, die gerade hier sehr störend wirken würde. Um dieses zu erreichen, schiebt man am besten das Deckglas von dem einen Rande her allmälig und vorsichtig über den Zellwall hin, wobei die überschüssige Flüssigkeit aus der Zelle verdrängt wird, ohne dass Luft hinzutreten kann. Einige Uebung wird in dieser Manipulation bald die nöthige Fertigkeit gewähren, so dass das Auflegen ganz nach Wunsch gelingt.

Ist das Deckglas aufgelegt, so entfernt man mittelst Fliesspapieres oder Pinsels die auf den Rand der Zelle getretene Flüssigkeit, trocknet denselben vollständig rein ab, verstreicht zuerst die oberen Ränder von Deckglas und Zelle und umgibt dann die letztere auch noch von aussen mit einer Lackschicht. Die weitere Behandlung erfolgt in der oben geschilderten Weise, und kann man das Präparat als gelungen betrachten, wenn nach mehrere Tage langem Liegen sich keine Luftblasen zeigen.

Bezeichnung der Präparate. — Die letzte Arbeit, welche bei dem aufzubewahrenden Präparate stattzufinden hat, besteht in deren Bezeichnung. Diese geschieht am zweckmässigsten auf Papierstreifen, welche man an einer der schmalen Seiten des Objectträgers mittelst einer Gummilösung aufklebt (Fig. 213, Seite 268). Diese Etikette muss zunächst den Namen der Pflanze oder des Thieres, wovon das Präparat abstammt, und dann seine nähere Bezeichnung enthalten z. B.:

Fig. 239.

Pteris aquilina.
Treppengefässe, macerirt.

Ist auf der Etikette noch Raum vorhanden, so ist es gut, auch die Aufbewahrungsflüssigkeit anzumerken, wie dies Welcker empfohlen hat. Dies lässt sich leicht durch ein paar Buchstaben bewerkstelligen, indem man z. B. C. B. für Canadabalsam, Gl. für Glycerin, Chl. C. für Chlorcalcium setzt u. s. w.

Schutzleisten. — Manche Mikroskopiker versehen ihre Präparate zu beiden Seiten mit sogenannten Schutzleisten, d. h. mit kleinen Glasleisten, welche mittelst Wasserglases, Canadabalsams oder Gummi arabicums auf den Objectträger befestigt werden. Ich kann dieselben nur für den Fall empfehlen, dass Präparate beim Versenden auf einander gelegt werden sollen.

Bei der gegenwärtig vielfach üblichen Einordnungsmethode der Präparate sind diese Leisten allerdings nöthig, um Druck, Zerbrechen und andere Beschädigungen zu vermeiden. Sie führen indessen beim Betrachten der fertigen Präparate eine grosse Unbequemlichkeit mit sich, indem sie, wenn man dem Objecte nicht eine, oft für die Beobachtung unpassende Lage geben will, verhindern, dass man den Abstand des Objectivsystemes von der Oberfläche des Deckglases beobachten kann. Hierdurch aber wird, namentlich bei stärkeren Systemen, die Einstellung erschwert und zeitraubend gemacht. Und da die Präparate der Beobachtung wegen vorhanden sind, so sollte man sich diese auf jede mögliche Weise zu erleichtern und zeitersparend zu machen suchen. Statt der Einordnungsweise halber die Handlichkeit des Präparates zu beeinträchtigen, sollte man lieber der letzteren halber die erstere modificiren.

2. Einordnung der Präparate.

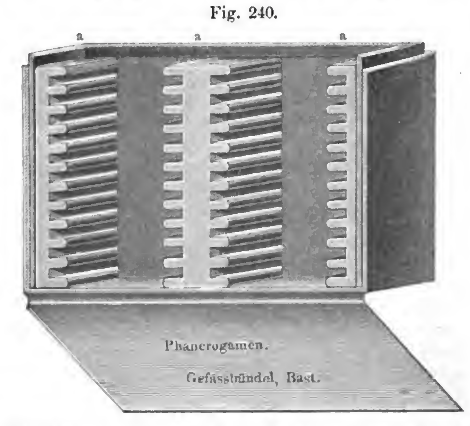
Die Einordnung der Präparate geschieht in aus Holz oder Pappe verfertigten Kästchen. Manche Mikroskopiker benutzen flache Schiebladen ähnliche Kästchen, in denen entweder nur eine Lage (Harting) oder mehrere Lagen übereinandergeschichtet (Schacht) untergebracht werden. Andere gebrauchen prismatische Kästchen (wie sie von Vogel in Giessen zu beziehen sind), in denen 40 bis 50 mit Schutzleisten versehene Präparate übereinander stehen und welche so in grössere Kästen eingesetzt werden, dass jene eine horizontale Lage erhalten.

Ich habe aus oben genannten Gründen schon lange die altgewohnten Kästen verlassen und mir die meinigen so einrichten lassen, dass nicht nur jene unbequemen Glasleisten wegfallen, sondern auch die Uebersicht über sämmtliche Präparate sehr erleichtert und damit eine gewisse Eleganz verbunden wird. Vielleicht darf ich hoffen, manchem Mikroskopiker einen Dienst zu erweisen, wenn ich meine Einrichtung näher beschreibe.

Die aus starker Pappe gefertigten Kästchen, in denen die Präparate zunächst untergebracht werden, bilden kleine Schränkchen, welche, da

meine Objectträger 45^{mm} lang und 30^{mm} breit sind, im Lichten eine Länge von 120^{mm}, eine Tiefe von 35 bis 40^{mm} und eine Höhe von 80^{mm} haben. Im Innern befinden sich 3 Träger *aaa*, welche in der, an der Fig. 240 angedeuteten Weise eingeschnitten sind, so dass jedes Kästchen 24 Präparate aufnehmen kann. (Man könnte allerdings auch mehr, etwa 50 Präparate

Fig. 240.



in einem Kästchen unterbringen; allein ich glaube, dass dadurch die Handlichkeit sowie die Festigkeit leiden würde.) Die Vorderwand des Kästchens bildet eine Klappe ähnlich wie die der Secretaire, und der Verschluss geschieht mittelst eines von oben her etwas über Wände und Klappe greifenden Deckels, der auf seiner Oberseite die allgemeinere Bezeichnung trägt (z. B. Kryptogamen, Lebermoose, Coniferen, Histiologie des Holzkörpers u. s. w.). Die speciellere Bezeichnung wird in der in der Figur angedeuteten Weise auf die, innen weiss überklebte Klappe geschrieben. Die Durchmusterung der Präparate ist nun ausserordentlich einfach und kann man sich dieselbe noch erleichtern, wenn man die einzelnen Einschnitte numerirt, und auf der Innenseite der Klappe, zu beiden Seiten der eben erwähnten Aufschrift und neben die gleichen Nummern die nähere Bezeichnung der entsprechenden Präparate hinschreibt.

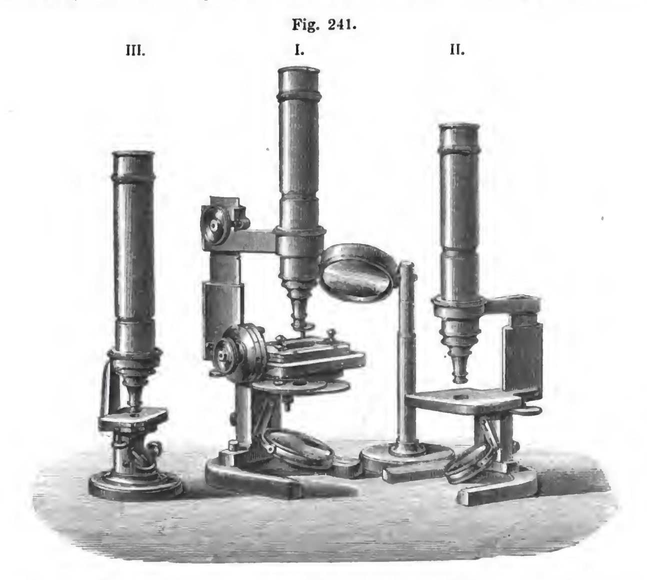
Diese Kästchen kommen nun, zu etwa sechs bis zwölf, aufrechtstehend in einen länglichen Holzkasten, so dass sich die Präparate in horizontaler Lage befinden. Will man sich das Herausnehmen aus den grösseren Kästen erleichtern, so darf man nur zwischen je zwei Kästchen eine bis zur halben Höhe reichende Scheidewand anbringen lassen.

Auch zum Transportiren lassen sich ähnliche, nur kleinere Kästchen verwenden, bei denen die vordere Klappe füglich wegfallen und durch den Deckel ersetzt werden kann.

NACHTRAG.

G. und S. Merz in München haben ihre Stative in neuerer Zeit etwas geändert, und gebe ich nachträglich eine Abbildung der Stative

Fig. 241.



I. Grosses Mikroskop mit Schraubenmikrometer und grosser Beleuchtungslinse auf besonderem Stative. II. Mittleres Mikroskop. III. Kleinstes Mikroskop.

Nro. I. (grosses), II. (mittleres) und III. (kleinstes) (Fig. 241). Der Tisch ist nur bei dem ersteren, welches grobe Einstellung durch Zahn und Trieb und eine rotirende, an einem Stäbchen senkrecht verschiebbare

31*

Blendungsscheibe besitzt, um die Achse drehbar, aber auch bei dem zweiten, mit grober Einstellung durch Verschiebung des Rohres und nicht senkrecht beweglicher Blendungsscheibe versehenen ausreichend räumlich.

Von den Objectivsystemen hatte ich bei einem Besuche des optischen Institutes Gelegenheit, fast sämmtliche Nummern, namentlich die stärkeren von $^1/_{12}''$ bis zu $^1/_{24}''$, näher zu prüfen. Diese letzteren besitzen eine bedeutende auflösende Kraft und verdienen insofern vollkommen das ihnen von mehreren Seiten gespendete Lob. An Schärfe der Linien zarter organischer Objecte stand das Bild, soweit ich mein Probeobject (Querschnitt von Pinus) benutzen und die Zeichnung der Diatameen einen Anhalt gewähren konnte, etwas hinter den gleichstarken Objectivsystemen Hartnack's zurück, die ausserdem einen beträchtlich grösseren Abstand vom Deckglase besitzen. Jedenfalls sind die neuesten Erzeugnisse des altbekannten, in rühmlicher Weise nach Vollendung strebenden optischen Institutes dem Besten, was wir besitzen, an die Seite zu stellen. Die Preise der Seite 172 aufgeführten Instrumente sind nach dem neuesten Preiscourante etwas herabgesetzt, und zwar bei dem Mikroskope Nro. 1 auf 420 Fl. (240 Thlr.), bei Nro. 2 mit den Systemen 1″, $^1/_3''$, $^1/_9''$, $^1/_{12}''$ und $^1/_{18}''$ und 4 Ocularen auf 280 Fl. (160 Thlr.). Das Mikroskop Nr. 4 mit Stativ Nro. 2, den Systemen $^1/_3''$ und $^1/_{12}''$ und 3 Ocularen kostet 70 Fl. (40 Thlr.) und verdient seines mässigen Preises und seiner sonstigen trefflichen Eigenschaften halber eine recht weite Verbreitung.

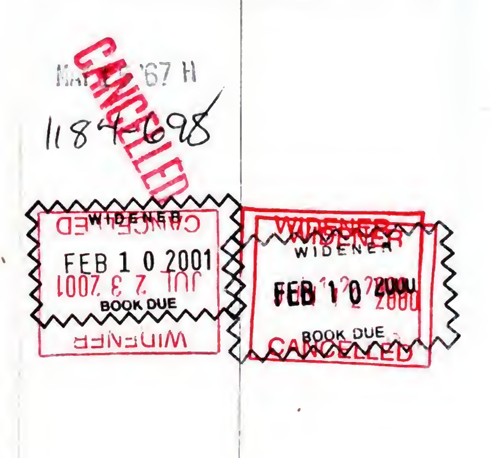
Berichtigungen.

S. 131. In der Anmerkung lies: „die Streifen *b* beim Stich" statt: „die Streifen beim Stich".

S. 341. Die Ueberschrift: „Beseitigung fester und flüssiger Substanzen." muss auf S. 340, Zeile 1 v. u. stehen, vor: „Um Harze etc."

S. 414, Zl. 5 v. u. lies „grössten" statt „kleinsten".

S. 414, Zl. 4 v. u. lies „kleinsten" statt „grössten".


MAR '67 H
CANCELLED
1184-698
WIDENER
CANCELLED
FEB 1 0 2001
JUL 2 3 2001
BOOK DUE
WIDENER
WIDENER
WIDENER
FEB 1 0 2001
BOOK DUE
CANCELLED




Gebunden von
C. W. Freise
in Göttingen.

